

Préparer le futur des réseaux mobiles

**Réponse de Huawei à la consultation
publique**

23 mai 2022 – 23 septembre 2022



Huawei Technologies

23 septembre 2022

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Réponses aux questions	2
2.1	Favoriser l'innovation grâce à la 5G et ses évolutions	2
2.1.1	La 5G : une innovation de rupture qui continue d'évoluer vers la 6G	2
2.1.2	Les évolutions d'architecture des réseaux mobiles	6
2.1.3	Les usages et les besoins en fonctionnalités attendus	12
2.2	Des besoins spécifiques et émergents pour les acteurs verticaux	16
2.2.1	Innovation et développement économique	16
2.2.2	Différentes réponses techniques possibles	21
2.2.3	Évolution de l'écosystème pour répondre aux besoins des verticaux	23
2.3	Besoins sociétaux et obligations des autorisations d'utilisation de fréquences	26
2.3.1	Questions d'ordre général	26
2.3.2	Questions spécifiques à la couverture à l'intérieur des bâtiments	26
2.3.3	Question sur l'accès fixe par les réseaux hertziens terrestres	27
2.3.4	Numérique soutenable	28
2.3.5	Mutualisation	34
2.4	Questions spécifiques par bande de fréquences	36
2.4.1	Partage des fréquences et attributions localisées	37
2.4.2	Les fréquences harmonisées au niveau européen qui pourrait faire l'objet d'une attribution à court terme	44
2.4.3	Les fréquences identifiées à l'UIT en cours d'harmonisation européenne	78
2.4.4	Des bandes prospectives, en cours de discussion mondialement	80
2.5	Autres sujets éventuels	91

1 Introduction

Huawei est heureux de participer à la réponse à la consultation publique pour préparer le futur des réseaux mobiles.

L'objectif de notre réponse est de contribuer sur des aspects techniques spécifiques soulevés par la consultation publique ainsi que d'en évaluer les conséquences sur son cadre réglementaire.

Nous avons limité nos commentaires et réponses aux questions de la consultation qui entrent dans ce cadre et sur lesquelles nous espérons que notre contribution pourra être utile à l'ARCEP.

Cette consultation est vaste, et appelle sans doute des développements plus spécifiques et détaillés sur lesquels nous serons également heureux de contribuer.

Toute notre réponse est publique, et est intégralement publiable sur le site de l'ARCEP.

2 Réponses aux questions

2.1 Favoriser l'innovation grâce à la 5G et ses évolutions

2.1.1 La 5G : une innovation de rupture qui continue d'évoluer vers la 6G

Question n°1

Quelles sont les évolutions les plus pertinentes apportées par les Release 16 et Release 17 de la 5G ? A quelles échéances ces évolutions seront-elles disponibles dans les réseaux et les terminaux ? Le cas échéant, quels besoins nouveaux en fréquences ces évolutions vont-elles susciter ?

Réponse à la question n°1

La release 16 a contribué en premier lieu à parfaire certains des objectifs de base de la 5G/NR, en particulier le support pour les applications URLLC (y compris l'internet des objets pour le secteur industriel) et autres optimisations de l'efficacité spectrale et de la mobilité (améliorations des aspects multi-antennes, d'avantage de combinaisons de bandes en agrégations de porteuses (carrier aggregation) et double connectivité (dual connectivity), réduction des durées de handover et maintien du service pendant le handover.

La release 16 permet la localisation par le RAN avec une précision accrue par rapport à la 4G et à la release 15, notamment pour les applications industrielles à l'intérieur des bâtiments. La release 16 a aussi permis l'extension d'applications de la 4G vers la 5G, en particulier le C-V2X (cellular V2X).

Le C-V2X, basé sur la technologie NR, permet plus d'applications telles que la conduite à distance et des applications V2X plus avancées (plus hauts débits, latence réduite) en utilisant les communications directes (NR sidelinks) entre deux véhicules, soit en bande ITS (TDD n47 en 5855 MHz – 5925 MHz), soit avec ou sans partage avec les liens montants en bande licenciée avec des autorisations individuelles.

La release 16 permet aussi de nouveaux types de déploiements avec une forme de relais 5G appelés IAB (integrated access and backhaul), qui peuvent être déployés en bande ou hors bande.

La release 16 permet aussi d'utiliser la technologie NR pour accéder à certaines fréquences avec des autorisations générales comme les bandes ISM (bande n46 en 5150 MHz – 5925 MHz, bande n96 en 5925 MHz – 7125 MHz, et bande n102 en 5925 MHz – 6425 MHz), soit en bande unique (standalone) soit en combinaison avec une fréquence licenciée avec du CA ou DC (non-standalone).

La release 17 a continué à améliorer la plupart de ces fonctionnalités (URLLC/IIoT, localisation, MIMO, mobilité, IAB, V2X/sidelink, etc). Elle a en plus introduit de nouvelles évolutions,

notamment le support pour les services de broadcast avec NR (MBS ou multicast/broadcast services), et le support pour une classe d'équipement haut débits à complexité réduite (RedCap ou reduced capability devices), comme les montres intelligentes ou les caméras de surveillance vidéo.

Les équipements RedCap ont une bande passante réduite à 20 MHz (en FR1) et 100 MHz (en FR2), tout en pouvant accéder à toutes les bandes 5G en coexistant avec les autres types de terminaux 5G. De même, les terminaux supportant le NR MBS peuvent accéder à toutes les bandes 5G. Il est possible depuis la release 17 d'utiliser le lien « sidelink » entre deux terminaux pour effectuer un relai entre un terminal et la station de base.

D'autre part, la release 17 est la première release du 3GPP à définir le support pour les réseaux satellitaires (GEO, MEO, LEO, ou dit NTN pour non-terrestrial networks). Jusqu'à présent, deux bandes ont été définies pour l'accès satellitaire avec NR, la bande FDD n256 (1980MHz – 2010 MHz UL et 2170 MHz – 2200 MHz DL) et la bande FDD n257 (1626,5 MHz – 1660,5 MHz UL et 1525 MHz – 1559 MHz DL).

La release 17 est aussi la première release du 3GPP à supporter l'ensemble de fréquences dites FR2-2 (52600 MHz – 71000 MHz) pour un usage avec des autorisations individuelles ou autorisations générales, qui comporte la bande TDD n263 (57000 MHz – 71000 MHz) pour usage avec une autorisation générale.

Une nouvelle bande 5G pour usage IMT a été définie en release 17, la bande TDD n104, qui permet l'utilisation de la 5G/NR avec des autorisations individuelles dans la bande 6425-7125MHz (partie haute de la bande 6 GHz). Les spécifications RF pour les stations de bases et les terminaux sont définies de manière indépendante de la release, ce qui signifie que la bande n104 peut aussi être utilisée dans les réseaux 5G release 15/16/17 qui se conforment aux spécifications RF de cette bande.

Le résumé officiel du 3GPP pour les évolutions en release 16 et 17 sont publiés dans les TR 21.916 et 21.917 (ce dernier devant être finalisé en septembre par le 3GPP).

Question n°2

Même question pour la Release 18 (« 5G Advanced »), la 6G et le Wifi 7.

Réponse à la question n°2

Comme précédemment pour la release 17, la release 18 et les releases suivantes de la « 5G Advanced » contiendront un certain nombre d'améliorations évolutives des capacités de la 5G (aspects multi-antennes, mobilité, localisation, MBS, RedCap, systèmes satellitaires, amélioration des performances des récepteurs), mais aussi de nouvelles fonctionnalités.

L'étude sur l'évolution des modes de duplexage devrait permettre de déployer des systèmes TDD avec plus de capacité pour le lien montant tout en protégeant les opérateurs des canaux voisins des interférences, avec des évolutions possibles sur les conditions d'utilisations des fréquences TDD (par exemple une relaxation des conditions d'alignement de la structure des trames). Une extension possible de ces principes aux bandes FDD pourrait avoir des impacts sur l'utilisation des fréquences.

La release 18 marque aussi un effort accru sur la réduction de la consommation énergétique des réseaux avec une étude sur le « network energy savings for NR », qui devrait déboucher sur des spécifications dès la release 18, et qui devraient améliorer la consommation énergétique en particulier dans les configurations multi-bandes et multi-antennes.

La release 18 verra aussi des améliorations visant à accroître la qualité et la capacité des réseaux à supporter les applications XR (réalité virtuelle, réalité augmentée, etc) dans le RAN et dans le cœur du réseau 5G, car ces applications requièrent des débits extrêmement élevés et une latence très faible.

La release 18 est aussi le début d'un effort visant à mieux utiliser les techniques d'intelligence artificielle dans les réseaux cellulaires, avec un horizon de spécification en release 19. Dans les couches protocolaires supérieures, la release 18 apportera des améliorations pour le support des drones (UAV) et permettra la mobilité des relais IAB. La release 18 prévoit également de définir de nouveaux types de répéteurs RF capables de beamforming, ainsi que l'amélioration des performances pour les déploiements air-to-ground (A2G) visant à communiquer entre les stations de base terrestres et les avions. Du point-de-vue RF, la release 18 va permettre d'étudier une meilleure utilisation conjointe des bandes 700, 800 et 900 MHz.

La 6G (IMT 2030) est le système de communications mobiles avancées de la prochaine génération qui débutera en 2030, mais elle ira bien au-delà des communications. La 6G servira de réseau neuronal distribué qui fournira des liens de communication pour fusionner les mondes physique, cybernétique et biologique, ouvrant véritablement la voie à une ère où tout sera détecté, connecté et intelligent. Cela permettra de jeter des bases solides pour l'« intelligence de tout » à l'avenir.

Par conséquent, la 6G continuera à améliorer les scénarios de communication tels que l'eMBB, l'URLLC et le mMTC sur la base de la 5G, et prendra également en compte les technologies de détection telles que le positionnement, le suivi et l'imagerie, ainsi que les applications de l'intelligence artificielle dans les réseaux.

C'est pourquoi il convient d'explorer les bandes de fréquences permettant de prendre en charge des largeurs de bande beaucoup plus larges et contiguës pour l'IMT-2030 dans : a) la gamme 7,125-24 GHz (appelée onde centimétrique), la moitié inférieure permettant un équilibre supérieur entre couverture/mobilité et haute capacité, et b) la gamme complémentaire d'ondes millimétriques jusqu'à 92 GHz et la gamme 92-300 GHz (appelée sub-THz) pour des débits de données extrêmement élevés pour les cas d'utilisation à faible mobilité.

Question n°3

Identifiez-vous d'autres évolutions des technologies mobiles pour des usages spécifiques, qui pourraient susciter des besoins nouveaux en fréquences, par exemple les communications entre terminaux ou le broadcast/multicast ? Si oui, lesquelles et pour quels usages ?

Réponse à la question n°3

La bande de fréquences térahertz (THz), qui se situe entre les ondes millimétriques et la lumière infrarouge, est considérée comme une alternative technique importante pour atteindre des débits de communication de l'ordre du Tbps en raison de sa grande largeur de bande de communication. En même temps, la haute fréquence du THz lui confère des longueurs d'onde millimétriques, voire submillimétriques, qui peuvent être appliquées dans des appareils portables ou vestimentaires de plus petits volumes pour mettre en œuvre des fonctions telles que le positionnement de haute précision, l'imagerie 3D de haute résolution et l'analyse des matériaux par spectrométrie de masse, par rapport aux caméras optiques.

Les fréquences THz peuvent pénétrer certaines obstructions, ce qui permet une imagerie de haute précision et une détection continue dans des scénarios non visuels. Par conséquent, la bande de fréquence térahertz peut être appliquée à l'avenir à la santé quotidienne non invasive, à la détection de la sécurité alimentaire, à la détection de haute précision des défauts de fabrication, à la surveillance de la pollution de l'environnement et à l'assistance à la vision artificielle. Les fréquences térahertz deviendront ainsi l'un des principaux moyens techniques de la synesthésie à l'avenir.

2.1.2 Les évolutions d'architecture des réseaux mobiles

Question n°4

En tant qu'opérateur ou entreprise, dans quelle mesure prévoyez-vous d'intégrer ces architectures ouvertes dans votre stratégie de déploiement de réseau ? Plus particulièrement, dans quel cadre et pour quels besoins estimez-vous pertinente l'introduction du edge computing dans les réseaux mobiles ? Quels enjeux notamment en matière d'accès, de caractéristiques de déploiement et d'usages identifiez-vous ? Comment faudrait-il y répondre ?

Réponse à la question n°4

En tant que fournisseur, nous souhaiterions exposer notre vision de ces différentes architectures ainsi que de l'intérêt et des contraintes qu'elles peuvent présenter pour les déploiements 5G.

A ce jour, l'ensemble des réseaux mobiles déployés en France utilisent une architecture de RAN distribuée, c'est-à-dire que la station de base (eNB en 4G et gNB en 5G) est un équipement intégré fourni par un fournisseur et déployé sur le site radio. La grande majorité des réseaux mobiles dans le monde sont déployés sur le même modèle, même s'il existe quelques exemples de déploiement d'architecture centralisée (**C-RAN** ou **Centralized-RAN**) dans laquelle les BBU des eNB/gNB de plusieurs sites radio (comme une vingtaine de sites) sont concentrés dans un même local. En effet, si une architecture C-RAN peut en théorie permettre d'utiliser des fonctionnalités avancées de coordination entre sites (comme CoMP, etc.), leur gain reste relativement faible au regard des fortes contraintes de déploiement engendrées par cette architecture, dont notamment celles amenées par l'hébergement des BBU dans un site centralisé (espace, énergie, refroidissement...), ainsi que besoin important en fibre optique fronthaul (environ x10 comparé au besoin backhaul). De plus ces différentes contraintes génèrent des surcoûts supplémentaires.

La virtualisation du RAN est quant à elle rendue possible à partir de la release 15 NR du 3GPP grâce à la séparation du gNB en 2 fonctions logiques : les fonctions temps réel sont regroupées dans la Distributed Unit (gNB-DU) et les fonctions non temps réel sont regroupées dans la Central Unit (gNB-CU). L'interface F1 a été spécifiée entre le gNB-DU et le gNB-CU. Le gNB-CU peut aussi être subdivisé en 2 fonctions distinctes : user plan (gNB-CU-UP) et control plan (gNB-CU-CP), reliées par l'interface E1. Dans ce cas, l'interface F1 se sépare alors en 2 composantes : la F1-C entre gNB-DU et gNB-CU-CP, et la F1-U entre gNB-DU et gNB-CU-UP.

Grâce à cette architecture 3GPP, il devient possible de regrouper les gNB-CU de plusieurs sites radio ensemble et de les faire porter par du hardware banalisé (COTS) et virtualisé. Ce mode de déploiement est appelé **RAN virtualisé** ou **CloudRAN**. Du point de vue purement technique, cette solution est tout à fait viable. En effet, le gNB-CU portant les fonctions dites non temps réel, il est facile de les faire porter par du COTS virtualisé, et les besoins en bande passante de l'interface F1 sont similaires à ceux du backhaul. En revanche, les pilotes réalisés depuis 2019 sur ces architectures CloudRAN ont démontré peu de valeur ajoutée pour l'opérateur et ont mis en lumière de fortes contraintes. En effet, la centralisation des fonctions CU de plusieurs sites radio ne permet pas d'activer des fonctions avancées de coordination radio car celles-ci nécessitent la coordination des fonctions temps réel (DU). De plus, les fonctions CU représentant environ 10% de la capacité totale de calcul d'un gNB (les 90% restant étant dûs aux fonctions

DU), il n'y a pas de gain de place ou de consommation électrique à tirer du fait de l'extraction de la fonction CU du site radio. En revanche, la centralisation des CU de nombreux sites nécessite le déploiement de nouveau hardware qui, quoi que banalisé et virtualisé, implique des surcoûts non négligeables de matériel, de déploiement, de maintenance et un surcroît de consommation électrique. De plus, le fait de virtualiser des fonctions RAN (CU) sur du hardware banalisé implique une complexité supplémentaire et des efforts d'intégration (entre software, hardware et couche de virtualisation) inexistantes dans une architecture RAN distribuée classique. C'est pourquoi, bien que le 3GPP ait standardisé cette architecture du gNB dès le début de la 5G, il n'y a quasiment pas de déploiements commerciaux à date.

Les **architectures dites ouvertes** ou **Open RAN** correspondent en fait à des choix d'implémentation qui s'appuient sur l'architecture en éléments séparés du RAN définie par la release 15 du 3GPP. Elles mettent l'accent sur l'ouverture des interfaces internes au RAN (comme F1, E1, mais aussi fronthaul), sur l'utilisation de hardware générique et/ou virtualisé, et la dé-corrélation entre fournisseurs hardware et software. La plus connue aujourd'hui est probablement celle de l'Alliance O-RAN qui focalise particulièrement sur l'ouverture du fronthaul, la virtualisation CU et DU, le découplage hardware/software et qui va jusqu'à spécifier de nouveaux éléments de réseau (RIC) pour porter des fonctions qui étaient distribuées entre le CU et le NMS dans une implémentation distribuée classique.

La principale promesse des architectures ouvertes est de faire baisser le coût des réseaux grâce à la multiplication des acteurs et l'augmentation de la compétition. Mais à ce jour, les architectures ouvertes pâtissent de quatre défauts majeurs

- Premièrement, la performance. En effet, le développement de technologie radio avancées (comme le beamforming), qui dépendent de plusieurs fonctions du gNB (comme RU et DU) à la fois mais aussi de la performance combinée du hardware et du software, sera plus facilement réalisée dans un système « fermé » maîtrisé par un seul fournisseur que dans un système « ouvert » composé de multiples fournisseurs. C'est pourquoi l'industrie s'accorde aujourd'hui sur le fait que les architectures ouvertes seront dans un premier temps cantonnées aux parties des réseaux mobiles où la performance n'est pas critique.
- Deuxièmement, l'efficacité. Comme expliqué précédemment, la fonction DU du gNB représente près de 90% de sa capacité totale de calcul. Or ces fonctions étant temps réel, elles sont plus facilement exécutées par du hardware dédié que par du hardware générique. En conséquence, la virtualisation du gNB-DU sur du hardware générique entraîne généralement, à usage équivalent, une forte augmentation de sa taille ainsi que de sa consommation énergétique par rapport à un hardware dédié.
- Troisièmement, la complexité. Le propre d'une architecture ouverte étant de séparer les différentes fonctions du gNB sur plusieurs fournisseurs hardware, software et de couche de virtualisation, ceci entraîne nécessairement des efforts d'intégration très importants et des problématiques de limites de responsabilité en cas d'anomalie. En effet, dans les réseaux actuels, les opérateurs gèrent au maximum deux fournisseurs de RAN et deux fournisseurs de cœur de réseau. Les évolutions du service mobile et les changements récurrents de paliers software impliquent des alignements des roadmaps des constructeurs ainsi que des validations réalisées par l'opérateur qui s'appuient sur les tests d'interopérabilité globaux réalisés par les fournisseurs. Avec la démultiplication des fournisseurs dans une architecture ouverte, la phase d'alignement des roadmaps et intégration/validation devient beaucoup plus lourde, si bien qu'aujourd'hui seuls les opérateurs capables de dédier des ressources pour ces gros efforts d'intégration sont en mesure de se lancer dans les architectures ouvertes.

- Quatrièmement, la sécurité. Ce point est traité dans une question suivante.

Du fait de ces problématiques et de l'imaturité actuelle des solutions basées sur des architectures ouvertes, il est encore difficile de prédire aujourd'hui quand celles-ci seront utilisables sur les réseaux mobiles publics à grande échelle et si elles pourront un jour être adaptées aux zones à fort besoin en capacité et performances.

Enfin, le concept d'Edge Computing ou Multi-access Edge Computing (MEC) a été défini par l'ETSI et introduit dans la release 17 du 3GPP. Il consiste principalement à déporter au plus près de l'utilisateur mobile les fonctions user plan du cœur de réseau 5G de traitement des communications et des données de manière à ce qu'elles puissent être traitées immédiatement par les couches applicatives, assurant ainsi une latence bout-en-bout minimale du réseau. L'architecture MEC prévoit également des échanges d'informations entre les différentes couches du réseau 5G et les couches applicatives de manière à permettre des services avancés (comme la localisation ou la gestion de bande passante). Enfin le MEC est basé sur une architecture virtualisée dans laquelle le hardware générique virtualisé pourra faire cohabiter les fonctions déportées du cœur de réseau 5G, les couches applicatives et même des fonctions radio (comme gNB-CU) si besoin.

Si la valeur ajoutée d'une architecture MEC pour un réseau mobile public national à court terme est questionnable au regard de la complexité et des coûts engendrés, un intérêt identifié dès aujourd'hui des architectures MEC réside dans les réseaux mobiles 5G privés qui peuvent être déployés soit de manière autonome (c'est-à-dire avec un cœur de réseau 5G complet dédié), soit comme une extension du réseau 5G public d'un opérateur (c'est-à-dire que certaines fonctions d'authentification/gestion des abonnés/signalisation/etc. sont traitées par le réseau public mais les fonctions user plan sont traitées en local par le réseau privé) et qu'on appelle réseau 5G privé hybride. En effet, dans un réseau mobile 5G privé à destination d'un client entreprise (campus, usine, etc.), le déploiement d'un MEC est la seule solution permettant de garantir une latence très faible entre les terminaux mobiles et les serveurs et les applications dédiées de l'entreprise. Les MEC et les réseaux mobiles 5G privés (5G MPN) devaient donc avoir un rôle extrêmement important à jouer dans la digitalisation des entreprises.

A ce jour, des solutions MEC sont déjà disponibles, permettant de déployer des réseaux 5G privés, soit de manière complètement autonome (c'est-à-dire avec un cœur 5G complet en local), soit en s'appuyant sur un cœur 5G public national (seules les fonctions user plan du cœur 5G étant déployées localement dans le MEC).

Ces deux types d'architecture MEC commencent à être déployés commercialement, mais à notre connaissance ce démarrage très récent du marché se réalise sur la base d'éléments de réseau du même fournisseur avec les questions autour de l'interopérabilité qui devraient se poser dans une phase ultérieure du marché dans le cas de du cœur 5G public national.

Nous souhaiterions aussi souligner qu'un enjeu majeur se situe du côté de l'éco-système industriel.

En effet, l'intérêt d'une architecture MEC est de rapprocher la partie réseau 5G de la partie applicative entreprise. Pour que des cas d'usages réels se développent, il faut donc des interactions fortes entre le réseau, les terminaux et les usages. La digitalisation des entreprises repose non seulement sur la connectivité, mais aussi et surtout sur l'exploitation des données. Ainsi, c'est tout un écosystème spécifique qui doit être créé pour chaque cas d'usage. Par exemple dans le cas d'une usine connectée, il nécessite l'implication du client industriel, des

fournisseurs de machines, des fournisseurs de connectivité (modules, réseaux, opérateur), des fournisseurs des applications exploitant les données. Chaque cas d'usage nécessitera des efforts d'intégration dédiés jusqu'à la création d'un écosystème mature par type de cas d'usage. Certains cas d'usages ont commencé à être développés en Europe, mais la plupart des cas d'usages actuels sont apparus en Chine sous l'impulsion commune des opérateurs et de l'industrie. Il nous semble donc qu'un enjeu important du développement de la 5G pour la digitalisation des entreprises se trouve ici.

Question n°5

En quoi ces changements d'architecture appellent, le cas échéant, un changement dans la gestion de l'accès aux ressources fréquentielles (identité des titulaires d'autorisations de fréquences, quantités attribuées ...) ?

Réponse à la question n°5

Les différents types d'architecture décrits à la question précédente sont repris afin d'évaluer s'ils apportent des changements dans la gestion de l'accès aux ressources fréquentielles.

L'architecture centralisée (C-RAN) permet de regrouper les BBUs, et n'a donc aucun impact sur la gestion des fréquences.

Le (RAN virtualisé ou CloudRAN) ou l'Open RAN sont des choix d'architecture permettant de séparer différents éléments du RAN, et n'ont donc également aucun impact sur la gestion des fréquences.

L'architecture MEC, sous sa forme autonome ou hybride est utilisable aussi bien avec les fréquences de l'opérateur mobile, qu'avec des fréquences dédiées allouées directement à l'entreprise. Donc, dans ce cas aussi il n'y pas d'impact entre le choix de cette architecture, et la gestion des fréquences.

Par conséquent, ces nouvelles architectures n'appellent pas directement à un changement dans la gestion de l'accès aux ressources fréquentielles.

Ainsi, il n'y a pas de lien direct entre ces architectures et gestion de l'accès aux ressources fréquentielles

Question n°6

En quoi ces changements d'architecture (notamment décentralisation et déport des fonctionnalités réseau, edge computing, Open RAN, ...), peuvent-ils être un frein ou une accélération à la mutualisation des réseaux ? Quels enjeux concurrentiels identifiez-vous ?

Réponse à la question n°6

La mutualisation des réseaux a été largement déployée depuis de nombreuses années sur les réseaux 2G/3G/4G utilisant des architectures distribuées classiques, aussi bien en mode partage de fréquences (MOCN) qu'en mode fréquences dédiées (MORAN). Après les premiers déploiements 5G, il aura fallu moins d'un an pour voir apparaître les premiers réseaux 5G mutualisés, toujours en architecture distribuée. On peut donc dire que la mutualisation des réseaux est une réalité aujourd'hui sur les architectures distribuées.

Une architecture centralisée n'a pas vraiment d'impact sur la mutualisation, si ce n'est que dans une mutualisation en mode fréquence dédiée la contrainte sur le fronthaul est encore plus forte du fait du plus grand nombre de fréquences.

Une architecture virtualisée, même si elle tarde à se matérialiser du fait des contraintes exposées dans les questions précédentes, aurait relativement peu d'impact sur la mutualisation des réseaux. En effet, un fournisseur supportant la mutualisation sur son architecture distribuée pourrait facilement développer la mutualisation sur sa propre architecture virtualisée.

En revanche, dans le cas d'une architecture ouverte, étant donné l'immatunité des architectures ouvertes actuellement, on peut considérer que la mutualisation introduira une difficulté supplémentaire. C'est d'autant plus vrai si on considère qu'une architecture ouverte pourrait permettre de limiter la mutualisation aux couches matérielles comme les modules RF et le hardware générique virtualisé portant les couches gNB-DU/CU, et que celles-ci pourraient être apportées par chacun des opérateurs partageant le réseau. On aurait alors un scénario dans lequel plusieurs fonctions gNB-CU ou plusieurs fonctions gNB-DU venant de différents fournisseurs cohabitent sur le même hardware pour servir différents opérateurs. La complexité d'intégration entre différents fournisseurs inhérente à l'architecture ouverte serait alors encore décuplée.

Enfin, dans le cas d'une architecture MEC, le support de la mutualisation est déjà prévu par la norme, même si nous n'avons pas connaissance d'exemples commerciaux à ce jour. Néanmoins, comme évoqué précédemment, le démarrage très récent du marché se réalise sur la base d'éléments de réseau du même fournisseur. Les questions autour de l'interopérabilité, ainsi que celles de la mutualisation devraient se poser dans une phase ultérieure du marché dans le cas du cœur 5G public national.

Question n°7

Quelles conséquences pourraient avoir ces nouvelles architectures sur la sécurité des réseaux ? Le cas échéant, quelles mesures seraient nécessaires pour prendre en compte celle-ci ?

Réponse à la question n°7

La sécurité de l'Open RAN est l'une des principales préoccupations auxquelles cette approche technique est actuellement confrontée. En Europe, plusieurs études ont été menées pour examiner l'impact de l'Open RAN sur la sécurité. Elles ont mis en évidence les risques de sécurité supplémentaires que l'Open RAN pourrait apporter.

Ainsi, en mai 2022, les États membres de l'UE, avec le soutien de la Commission européenne et de l'ENISA, l'agence européenne pour la cybersécurité, ont publié un rapport¹ sur la cybersécurité de l'Open RAN dont voici les principales conclusions :

- L'Open RAN pourrait offrir des opportunités potentielles en matière de sécurité, si certaines conditions sont remplies. [...] Toutefois, le concept de l'Open RAN manque encore de maturité et la cybersécurité reste un défi important. À court terme surtout, en augmentant la complexité des réseaux, l'Open RAN exacerberait un certain nombre de risques pour la sécurité. Ces risques comprennent une surface d'attaque plus grande et davantage de points d'entrée pour les acteurs malveillants, un risque accru de mauvaise configuration des réseaux et des impacts potentiels sur d'autres fonctions du réseau en raison du partage des ressources. Le rapport note également que les spécifications techniques, telles que celles développées par l'Alliance O-RAN, ne sont pas suffisamment matures et sécurisées par conception. L'Open RAN pourrait entraîner des dépendances critiques nouvelles ou accrues, par exemple dans le domaine des composants et du cloud.
- Dans l'ensemble, le rapport recommande une approche prudente pour passer à cette nouvelle architecture. Toute transition et coexistence avec des technologies existantes et fiables doit se faire en prévoyant suffisamment de temps et de ressources pour évaluer les risques à l'avance, mettre en œuvre les mesures d'atténuation appropriées et définir clairement les responsabilités en cas de panne ou d'incident

En mars 2022, l'ORECE a publié un rapport² basé sur une enquête sur l'Open RAN menée au cours de l'été 2021 et recueillant les contributions de 73 opérateurs mobiles. Ce travail a permis à l'ORECE d'obtenir une vision à date sur de la situation réelle de l'Open RAN. En plus de divers enseignements comme le manque actuel de maturité de la technologie, le manque de visibilité sur le coût total de possession³ (TCO), l'organisation a également dressé une liste de questions qui nécessiteraient des investigations plus poussées, dont la sécurité. Plus précisément,

¹ Communiqué de presse: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2881; rapport complet : <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/86603>

² <https://www.berec.europa.eu/en/document-categories/berec/reports/an-overview-of-the-berec-work-on-the-open-radio-access-network-ran>

³ Coûts d'exploitation et les investissements

l'ORECE a mentionné la nécessité d'étudier "les risques techniques, de performance, de sécurité et organisationnels liés à l'introduction de l'Open RAN".

En février 2022, le BSI allemand⁴ a publié un rapport sur l'exposition aux risques de l'Open RAN sur la base d'une série de scénarios. La principale conclusion était la suivante : "Les spécifications de l'O-RAN ne sont actuellement pas développées selon le paradigme "sécurité, confidentialité par conception/défaut ". Il n'est donc pas surprenant que le résultat soit un système qui contient de multiples risques de sécurité." En fait, ce rapport fait suite à un précédent rapport⁵ publié en novembre 2021 et commandé à des spécialistes de la sécurité dans lequel ils concluaient que l'Open RAN "contient des risques de sécurité importants dans sa forme actuelle."

2.1.3 Les usages et les besoins en fonctionnalités attendus

Question n°8

Quels autres usages et fonctionnalités attendus identifiez-vous ?

Réponse à la question n°8

Voici d'autres usages et fonctionnalités attendus :

- RTBC (Real-Time Broadband Communication), tel que XR-pro/Holographic, avec une large bande passante, une faible latence et une grande fiabilité, se concentrant sur les capacités d'interaction en temps réel à large bande.
- UCBC (Uplink Centric Broadband Communication), tel que HD Video Backhaul/Machine Vision, avec des connexions massives et une grande largeur de bande de liaison montante, se focalisant sur l'amélioration des capacités de liaison montante.
- HCS (Harmonized Communication and Sensing), comme le positionnement/V2X, avec des capacités de communication et de connaissances omniprésentes, l'accent étant mis sur la construction de capacités de communication et de connaissances convergentes.

De plus, un exemple émergent important est celui de la connectivité à grande échelle - fournie par les réseaux mobiles et les technologies C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) - pour les cas d'utilisation de la conduite avancée et automatisée. Parmi ces cas d'utilisation, citons la conduite téléguidée, l'assistance à la vue obstruée, la perception environnementale assistée par l'infrastructure, ainsi que la collecte et le partage de cartes haute définition. Une quantité adéquate de spectre est essentielle pour la fourniture économiquement viable de tels services.

Et ce n'est qu'avec un spectre licencié sous autorisations individuelles en bande moyenne que la capacité et la qualité de service exigées pourront être garanties pour une utilisation mobile

⁴ Communiqué de presse :

<https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Publications/Studies/5G/5GRAN-Risk-Analysis.html>
Rapport complet : <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Publications/Studies/5G/5GRAN-Risk-Analysis.pdf>

⁵ https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Pressemitteilungen/Presse2021/211122_O-RAN-Studie.html

massive dans de vastes zones telles que les villes (environnement urbain et suburbain) et le long des principaux axes de transport. Il est à noter que les fréquences basses jouent un rôle complémentaire afin de fournir de la couverture.

Question n°9

Quels marchés seraient visés par ces usages ? Avec quelles perspectives d'évolution et à quelle échéance ?

Réponse à la question n°9

Pour les différents usages et fonctionnalités attendus décrits à la question précédente, les scénarios ainsi que les solutions techniques correspondants sont décrits ci-dessous :

- RTBC (communication large bande en temps réel) :
 - Scénarios : expérience immersive d'interaction humaine avec des mondes virtuels, tels que XR-pro, metaverse et holographique.
 - Solutions : expansion rapide de la capacité de transmission des porteuses généralisées et mécanisme d'assurance de l'expérience XR entre couches de bout en bout.
- UCBC (communication large bande centrée sur la liaison montante)
 - Scénarios : répondre aux exigences de production et de fabrication des entreprises (exigences de téléchargement pour la vision artificielle/l'IoT à large bande massif) pour améliorer l'expérience de l'utilisateur en matière de couverture indoor en profondeur.
 - Solutions : en utilisant l'agrégation de multiples bandes de la liaison montante et le réseau d'antennes ultra-larges de la liaison montante pour améliorer la capacité de la liaison montante et la couverture en profondeur.
- HCS (communication et détection harmonisées)
 - Scénarios : IoV (Internet des véhicules) et drones pour la conduite autonome en extérieur et système de positionnement en intérieur.
 - Solutions : technologies de balayage de faisceaux cellulaires MIMO massifs appliquées au domaine de la détection.

Ces différents ensembles fonctionnels ci-dessus font partie de la 5G dite avancée et seront graduellement implémentés dans les différents produits, puis dans les réseaux mobiles dans un avenir moyen terme.

Le C-V2X mentionné à la question précédente a une feuille de route pour différents ensembles fonctionnels comme les fonctions d'assistance à la conduite pour la gestion du trafic et la sécurité, et pour des fonctions avancées de sécurité pour une conduite automatisée.

Les différents industriels impliqués devront au préalable permettre l'implémentation de ces différentes fonctions dans les véhicules. La vision par l'association 5GAA est que l'utilisation commerciale importante pour l'assistance à la conduite pour la gestion du trafic et la sécurité débutera environ en 2023 et que des fonctions avancées de sécurité pour une conduite automatisée commenceront à être largement utilisées à partir de 2026 environ.

Ces différentes fonctions seront enrichies régulièrement et utilisées ensuite commercialement avec une feuille de route fournissant à ce jour une vision jusqu'à 2029/2030.

Question n°10

Parmi ces usages, certains d'entre eux sont-ils plus spécifiquement appelés à se développer dans un environnement fixe, à l'intérieur de bâtiments par exemple, ou bien en mobilité ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°10

Voir réponse à la question n°9.

Question n°11

Le cas échéant, quelles nouvelles technologies mobiles seraient nécessaires pour couvrir l'ensemble de ces usages ? Pour couvrir vos usages en tant qu'utilisateur ?

Réponse à la question n°11

Voici différentes fonctionnalités-clés :

- Impact sur le spectre : nouvelles fonctionnalités telles que FDD faible latence, TDD large bande, bande passante supplémentaire ultra large pour les futures allocations de bandes de fréquences (comme dans les bandes 6GHz et millimétriques avec une latence extra faible).
 - Découplage UL et DL pleine bande
 - Agrégation flexible de bandes complètes à la demande
 - Réaménagement du spectre en dessous de 100 GHz pour maximiser son efficacité.
- Intégration de l'Intelligence Artificielle :
 - Interface radio basée sur l'IA : performances optimales grâce au mécanisme d'auto-apprentissage de l'IA.
 - Ultra-automatisation de l'exploitation et de la maintenance : connaissance de tous les scénarios et prise approfondie de décision multi-dimension pour réaliser des réseaux auto-évolutifs.
 - Transfert d'intention de service basé sur l'IA : Traduit intelligemment les exigences des clients de diverses industries en accords de niveau de service (SLA) de

réseaux sans fil, simplifiant et rendant efficace la fourniture de services dans les scénarios 5G professionnels.

- Faire passer le niveau de conduite autonome du réseau d'accès sans fil à L4/L5.

Question n°12

Quels nouveaux besoins en fréquences identifiez-vous pour répondre à ces usages avec les technologies existantes, et, le cas échéant, avec l'introduction de nouvelles technologies ? Pour quelles raisons (capacité, débit, couverture...) ?

Réponse à la question n°12

Les nouveaux usages, fonctionnalités et technologies associées que nous avons abordées dans les questions précédentes (Q3 et Q8 en particulier) auront des impacts sur la demande de spectre de différentes manières :

- Une plus grande largeur de bande sera nécessaire, en général dans toutes les plages de fréquences, pour supporter les futurs réseaux 5G-avancés et 6G.
- Le besoin croissant de déploiements rentables est essentiel pour encourager les opérateurs à investir dans leurs réseaux. Dans cette mesure, la priorité restera de maximiser la disponibilité du spectre des bandes moyennes permettant une plus grande largeur de bande (par rapport aux bandes basses) et une plus grande couverture (par rapport aux bandes hautes).
- Le besoin croissant de performances élevées et prévisibles (par exemple, en termes de capacité, de fiabilité et de latence) fait que les opérateurs continueront à se concentrer sur le spectre sous licence avec des autorisations individuelles.
- Il sera nécessaire de trouver des solutions permettant une plus grande capacité en liaison montante. Cette capacité supplémentaire devrait être rendue disponible par une combinaison de solutions impliquant des développements technologiques et du spectre. Le NGMN a publié un document⁶ intéressant à ce sujet.

⁶ www.ngmn.org/publications/5g-tdd-uplink-white-paper.html

2.2 Des besoins spécifiques et émergents pour les acteurs verticaux

2.2.1 Innovation et développement économique

Question n°13

Quelles perspectives la 5G offre-t-elle au tissu économique et industriel français ? En quoi les évolutions prévues (latence réduite, nombre massif d'objets connectés, débit amélioré) peuvent-elles s'avérer nécessaires pour embrasser l'ensemble des usages envisagés par les utilisations professionnelles de cette technologie ? Quel marché ces évolutions représentent-elles ? Quels bénéfices économiques peut-on attendre de l'appropriation de ces nouveaux services par les verticaux en général, ou par votre secteur en particulier ?

Réponse à la question n°13

La 5G est une solution transverse qui est en mesure de répondre aux besoins des différentes industries. Selon les caractéristiques du dynamisme économique français, les cinq secteurs verticaux suivants pourraient être les principaux utilisateurs de la technologie 5G :

1) Smart Manufacturing (Usine intelligente)

L'industrie manufacturière est généralement divisée en deux catégories : la fabrication discrète et la fabrication par processus.

L'attention est ici portée sur la fabrication par processus, elle-même divisée en différents sous-secteurs tels que l'automobile, l'électronique/informatique (électronique grand public, matériel informatique, matériel de communication), les CNC (machines à commande numérique assistée par ordinateur), la construction aéronautique, etc. Pour l'instant, les secteurs de l'automobile, de l'électronique/informatique, l'aéronautique et la pétrochimie sont en tête de l'industrie 4.0 avec l'évolution de la 5G au niveau mondial et également en France.

Dans ce dernier cas, on parle normalement d'une production de processus en boucle fermée pour le pétrole, la raffinerie, la production chimique. En raison des contraintes liées à l'environnement de travail, les leaders de l'industrie ont utilisé la technologie sans fil, par exemple LTE, LoRaWAN, pour améliorer la sécurité et l'efficacité de la maintenance depuis des années, avec des résultats positifs.

En France, diverses industries manufacturières occupent une position de leader en Europe et même dans le monde. Certains pionniers sont en train de valider la 5G sur l'automatisation et la numérisation de leur système informatique de production, car ils estiment que la capacité de la 5G pourrait être bénéfique pour leur ambition et leur stratégie,

La réduction de la latence avec un engagement de fiabilité est nécessaire pour adopter de nouveaux cas d'utilisation de fabrication en termes de machines connectées, par exemple le cas

d'utilisation de contrôle à contrôle, avec un temps de cycle de 1ms/4ms/8ms pour une ligne de production automobile.

Les objets connectés massifs pourraient être utilisés pour un grand nombre de capteurs dans l'usine afin de visualiser où ils se trouvent, ce qui enrichit la portée du MES (Manufacturing Execution System).

Un débit plus important, dans les besoins de l'industrie, est fréquemment mis en avant pour le débit du réseau de liaison montante, car les cas d'utilisation de la vidéosurveillance ou de la détection de la qualité basée sur l'Intelligence Artificielle exigent de plus en plus de données vidéo HD ou même 4K de la part des dispositifs et équipements industriels concernés. Cela permet donc une plus grande flexibilité pour les interventions manuelles dans une usine de production.

Le positionnement précis, nouvellement enrichi par la 5G, est également fortement recommandé dans les usines de fabrication pour des cas d'utilisation tels que le suivi des actifs dans l'atelier de presse, la chaîne de montage et l'entrepôt logistique pour une usine de fabrication automobile.

Selon notre analyse sur une usine typique de 500 000 mètres carrés, les avantages économiques sont énumérés ci-dessous :

- a) Vision informatique du cas d'utilisation de la détection de la qualité : amélioration de 10 % de l'efficacité par rapport à l'intervention humaine.
- b) Maintenance prédictive d'objets connectés massifs : 100 000 à 300 000 euros économisés par unité de traitement (en supposant 10 unités) ; et cas d'utilisation de rapports de capteurs massifs avec une efficacité de production améliorée de 1 %.
- c) Collaboration AR/VR à distance en connectant le technicien sur site et l'ingénieur à distance via le réseau 5G, qui s'applique depuis peu à une usine, pourrait avoir une efficacité de réparation améliorée d'environ 10~20%, grâce à la réduction des temps de déplacement sur site.

2) Infrastructure portuaire intelligente

En France, il existe de nombreux ports de transport de conteneurs et de marchandises le long de la côte atlantique et méditerranéenne. D'un point de vue mondial, la production portuaire est en train d'évoluer, passant de la production humaine à la production automatisée, et dans les 10 prochaines années, certains ports pionniers seront redéfinis en ports numériques. Pour l'instant, la 5G a déjà répondu exactement aux exigences avec les cas d'utilisation suivants :

Télécommande de grue à portique - une latence stable est requise, par exemple 20-50 ms à 99,99 %, pour commander à distance la grue à portique en connectant l'automate de la grue à portique au système 5G, ce qui réduit économiquement les ressources de manipulation sur site et améliore la sécurité des travailleurs en introduisant un fonctionnement centralisé de toutes les grues à portique en parallèle.

- IGV (Intelligent Guided Vehicle) : la conduite télé-opérée 5G pourrait réduire les coûts par rapport à l'AGV (Automated Guided Vehicle).
- Smart Tally, étiquetage/identification de conteneurs massivement connectés, associé à l'intelligence artificielle, réduit considérablement les besoins d'identification sur site en collectant les images des étiquettes de conteneurs à distance dans un bureau confortable.

- D'autres cas d'utilisation sont également précieux pour l'automatisation portuaire, comme la vidéosurveillance, les patrouilles de drones, la collecte de données, l'inspection AR, le bureau mobile, le positionnement des actifs.

3) Transport intelligent

Le transport intelligent englobe différents modes de transport. Pour la production sur le site industriel par exemple, il consiste en la numérisation des transports sur le site de fabrication jusqu'à l'entrepôt (qui couvrent les cas d'utilisation tels que l'AMR/AGV, le chariot élévateur à fourche et le pointage de type pick-and-place). Pour les lignes terrestres, également, le transport ferroviaire ou maritime, la 5G est envisagée pour permettre les cas d'utilisation tels que la sécurité vidéo et le contrôle de la lumière, etc.

4) Soins de santé intelligents

Le secteur de la santé envisage la 5G pour trois scénarios : pré-hospitalier, intra-hospitalier et inter-hospitalier.

Les cas d'utilisation de la 5G pour le pré-hospitalier sont les soins à distance aux personnes âgées avec un accès 5G à domicile pour mettre en place un canal de communication afin de communiquer les données sur les médicaments, où une fonction de connectivité massive est utilisée, et une ambulance intelligente pour connecter le statut du patient du système vidéo du véhicule au centre hospitalier, où une communication à fort débit montant doit être établie.

La 5G pour l'intra-hospitalier couvre des cas d'utilisation pour la numérisation de tâches hospitalières, comme par exemple les postes de travail des infirmières, l'utilisation de robots de ronde dans les zones de service, ainsi que la consultation AR et la formation à distance.

La 5G pour l'inter-hospitalier pourrait être activée en combinaison avec la capacité du réseau fixe pour permettre plus de cas d'utilisation pour le diagnostic par imagerie à distance, la consultation à distance, le diagnostic par ECG à distance, etc. où la caractéristique d'une plus grande liaison montante et d'une latence stable est obligatoire.

Question n°14

Quels pourraient être les besoins spécifiques de mise à disposition de ressources temporaires pour des occasions particulières (chantiers, événements ponctuels) ?

Réponse à la question n°14

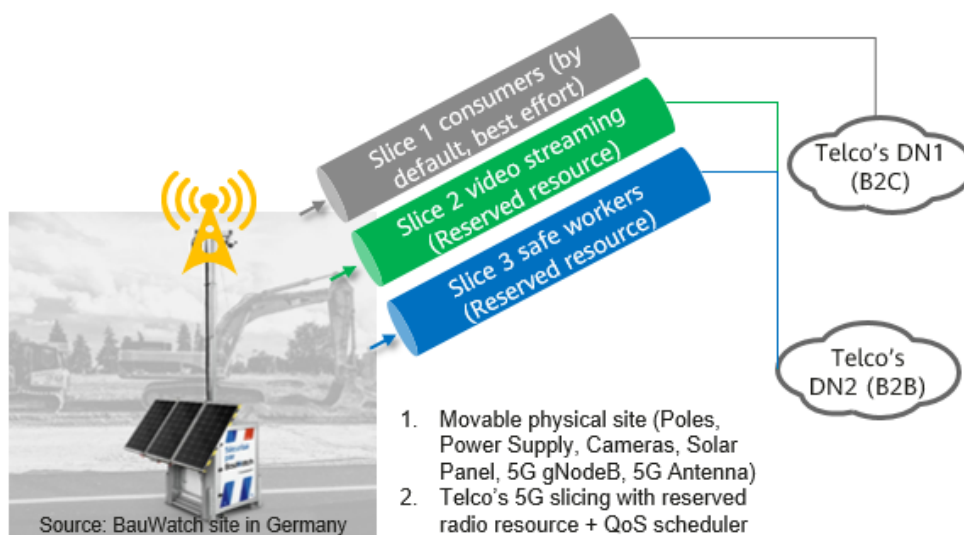
En ce qui concerne les occasions particulières, en raison de leurs caractéristiques à la demande et à durée limitée, il est nécessaire d'envisager les deux approches suivantes :

1) Stations Mobiles 5G incluant la capacité de service différencié (slicing)

Cette approche est généralement applicable à certains petits campus dont la demande en bande passante et les demandes de niveau de service sont modérées. Il est recommandé aux opérateurs télécoms de déployer facilement un site temporaire avec toutes les fonctions de différenciation activées et des ressources garanties.

La bande passante du réseau peut être garantie pour les différents services nécessaires, par exemple 20 Mbps en liaison montante/5 Mbps en liaison descendante avec SST (Slice/Service Type) eMBB pour les cas d'utilisation de streaming vidéo ; 20 Mbps en liaison montante + 50 ms de latence RTT + 99,9 % de fiabilité avec SST URLLC pour le contrôle des machines (par exemple les grues).

La topologie de haut niveau est décrite par le diagramme suivant :



2) Réseau privé 5G Mobile (par exemple, sur camion 5G dédié).

Un camion 5G est normalement utilisable pour certaines zones de campus pour une bande passante de haute capacité, mais pour des besoins qui restent temporaires. Grâce à une solution de réseau privé 5G tout-en-un qui est principalement opérée par un opérateur, les ressources et la latence des communications peuvent être gérées localement à la demande en fonction du service demandé.

Question n°15

Quels sont les besoins spécifiques des entités implantées dans plusieurs pays ? Identifiez-vous des besoins spécifiques aux très petites, petites ou moyennes entreprises (TPE et PME) ? Quels pourraient être les enjeux concernant les ressources fréquentielles qu'ils requièrent (quantité de fréquences, qualité de service associée, etc.) ?

Réponse à la question n°15

Les entités établies dans plusieurs pays bénéficieront grandement de l'harmonisation du spectre en Europe (et au-delà) qui est très bien encadrée par les différents organismes qui contribuent au cadre réglementaire européen.

Ces entités bénéficieront de l'harmonisation du spectre attribué à l'échelle nationale pour une utilisation en extérieur (par exemple, dans la partie extérieure d'un site ou le long des voies de transport qui pourraient être utilisées pour connecter différents locaux) et pour une utilisation à l'intérieur de bâtiments. Ces entités bénéficieront également d'un spectre harmonisé pour les licences locales. L'harmonisation du spectre permettra de réaliser des économies d'échelle et simplifiera sa mise en œuvre.

Pour les cas d'utilisation nécessitant des performances prévisibles (latence, fiabilité et débit), les utilisateurs industriels devront utiliser des fréquences licenciées avec une autorisation individuelle.

Il est important que ces fréquences soient attribuées sur la base des décisions de la Commission Européenne, et faisant suite aux travaux techniques menés par la CEPT, notamment pour permettre des économies d'échelle et simplifier la mise en œuvre du spectre pour ces entités implantées dans plusieurs pays (voir par exemple les réponses aux questions n°74 et n°75 pour la bande de fréquences 3,8-4,2 GHz).

Ces entités ont par essence largement besoin de transport routier entre leurs différents centres et pour leurs livraisons, et bénéficieront des communications avancées basées sur les réseaux mobiles prévues par l'industrie automobile (voir la réponse à la question n°98 à ce sujet).

Les TPE et PME bénéficieront aussi de spectre harmonisé et des communications avancées pour leurs livraisons.

Voir aussi la réponse à la question n°20 pour le positionnement de ces différents types d'acteurs pour disposer d'autorisations d'utilisation des fréquences.

La quantité de spectre requise dépend fortement du cas d'utilisation spécifique et du scénario de déploiement.

2.2.2 Différentes réponses techniques possibles

Question n°16

Pour quels usages et quels besoins le recours à chacun des trois types de réseaux listés supra semble-t-il être le plus pertinent ? Pour quelles raisons ? Quelles sont les exigences et prérequis afin que le recours à ces types de réseau puisse satisfaire ces besoins ? Quelles sont les bandes de fréquences qui permettraient le mieux de satisfaire ces besoins ? Quels sont les acteurs qui pourraient offrir ces solutions ?

Réponse à la question n°16

L'utilisation des trois types de réseaux énumérés dépend des cas d'utilisation et du coût. Le choix du spectre pourrait être adapté aux différents types, mais en règle générale, la tendance majeure est qu'un réseau isolé soit mis en place avec un spectre dédié et qu'un réseau hybride utilise du spectre public uniquement, du spectre dédié uniquement ou combine spectre public et local.

Pour les acteurs de l'écosystème qui sont les plus fondés à disposer d'autorisations d'utilisation des fréquences, voir la réponse à la question n°20.

Question n°17

S'agissant des réseaux hybrides, pour quelles raisons le mix/la complémentarité entre les deux types de réseau pourrait-il être requis (résilience, complément de couverture, continuité d'accès au réseau ...) ? Quels seraient les schémas d'hybridation (distribution des éléments/des fonctionnalités entre réseau privé et réseau opéré) les mieux adaptés pour répondre aux besoins ou usages identifiés supra (par exemple accès sur le réseau public, cœur privé) ? Quel rôle joue l'accès aux fréquences dans ces différents schémas ?

Réponse à la question n°17

De nombreuses entreprises ont besoin d'utiliser la 5G dans leur système de production, ce qui répond à une exigence élevée en matière de performances des réseaux privés 5G, comme une faible latence stable, une bande passante très élevée et la rétention des données sur le site industriel. En outre, de nombreuses entreprises ne doivent pas avoir des coûts trop élevés pour les réseaux privés 5G. Si un réseau privé 5G indépendant est déployé sur un site industriel, les coûts d'équipement ainsi que les coûts d'exploitation et de maintenance sont tous deux élevés pour les entreprises qui doivent maintenir le réseau elles-mêmes. Les réseaux hybrides sont introduits pour relever ce défi et obtenir le meilleur compromis entre les performances et le coût, ils sont conçus pour fournir une faible latence, une large bande passante et une rétention des données sur le site industriel, et réduire le nombre d'éléments de réseau déployés sur le site industriel car le réseau privé et le réseau public peuvent partager certains éléments de réseau. En outre, l'exploitation et la maintenance du réseau privé 5G peuvent être mises en œuvre par les opérateurs afin de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance.

Dans les scénarios de déploiement de réseaux hybrides, le plan de contrôle du réseau central est déployé dans le centre de données de l'opérateur et partagé par le réseau privé de l'entreprise. Le plan utilisateur (UPF ou MEC) du réseau central est déployé dans le site industriel de l'entreprise pour garantir une faible latence des services de données. En outre, les données peuvent être conservées sur le site. Pour le RAN, les stations de base macro extérieures peuvent être partagées entre le réseau public et le réseau dédié, ou peuvent être dédiées au réseau privé. Les équipements fournissant la couverture indoor sont généralement dédiés aux réseaux privés. Les systèmes de gestion des éléments (EMS) sont généralement déployés dans les centres O&M des opérateurs. Les opérateurs gèrent les éléments du réseau privé 5G afin de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance des entreprises.

En général, le lieu de déploiement du réseau central dépend des exigences de service de l'entreprise, indépendamment de la sélection de la bande de fréquence qui sera utilisée pour opérer le réseau. La sélection du spectre radio affecte le mode de déploiement du RAN. Si le spectre est correctement sélectionné pour le réseau privé d'entreprise, les opérateurs peuvent utiliser le même matériel pour assurer la couverture et le service du réseau public et du réseau privé, ce qui réduit les coûts de déploiement du réseau. Dans le cas contraire, un matériel indépendant est nécessaire pour le réseau privé, ce qui augmente les coûts de déploiement du réseau privé.

Question n°18

Toujours concernant les réseaux hybrides, quels types d'acteurs pourraient se positionner pour contribuer aux différents schémas d'hybridation ? Quels modèles d'affaires seraient alors envisageables pour la fourniture de telles solutions (par exemple modèle d'opérateur neutre) ?

Réponse à la question n°18

Basé sur l'expérience de réseaux privés 5G qui ont été déployés dans le monde avec des réseaux hybrides, les opérateurs sont généralement responsables du déploiement des réseaux hybrides. Les opérateurs peuvent tirer parti de leurs équipements déjà déployés sur le réseau public existant pour partager certains matériels de réseau et fournir un service d'exploitation et de maintenance unifié pour les réseaux publics et privés afin de réduire les coûts des équipements, des services d'ingénierie et de l'exploitation et de la maintenance des réseaux privés 5G.

Actuellement, trois options de modèles économiques peuvent être appliquées aux réseaux hybrides :

- Option 1 : Certains éléments de réseau (tels que l'UPF/MEC, la micro station de base intérieure et les terminaux) sur le site industriel sont achetés par l'entreprise, et les entreprises confient à l'opérateur le déploiement du réseau et sa maintenance. L'opérateur fournit certains éléments de réseau qui sont partagés entre le réseau public et le réseau privé.
- Option 2 : Les opérateurs achètent tous les éléments du réseau, y compris les équipements du réseau public et les équipements déployés sur le site, puis revendent la partie du réseau privé aux entreprises. L'opérateur est responsable de la maintenance de l'équipement.

- Option 3 : Les opérateurs achètent tous les éléments du réseau, y compris les équipements déployés sur le réseau public et le réseau privé, et louent le réseau aux entreprises selon le modèle SaaS en fonction de leurs besoins de service.

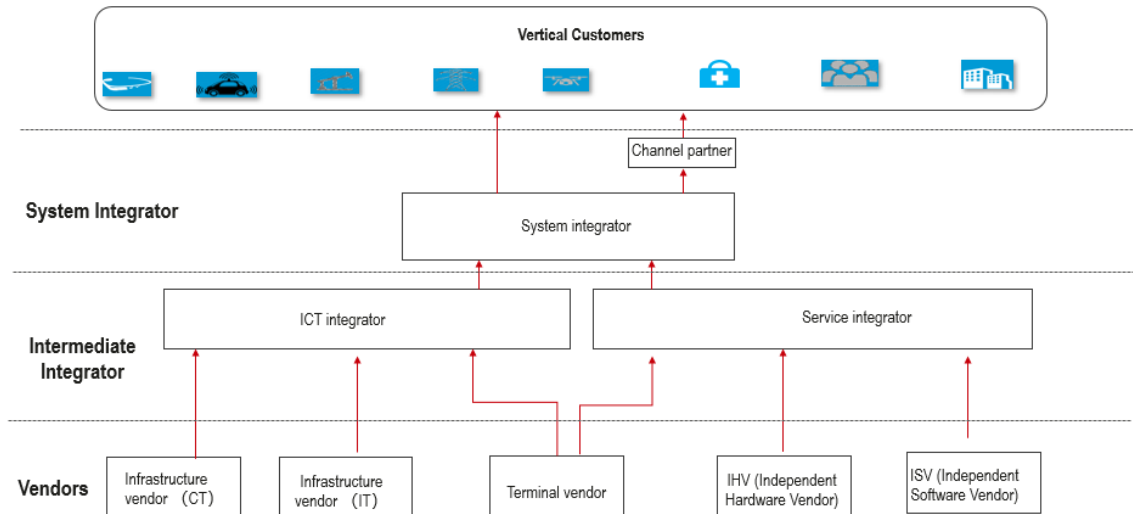
2.2.3 Évolution de l'écosystème pour répondre aux besoins des verticaux

Question n°19

Partagez-vous cette analyse des tendances en matière d'intermédiation et en identifiez-vous d'autres ? Comment voyez-vous le développement de l'écosystème autour de ces différents modèles ? Quels sont les avantages et les inconvénients des différents modèles ?

Réponse à la question n°19

L'écosystème pour les usages destinés à l'industrie verticale est différent de celui destinés aux usages des abonnés grand public. Il y a plus de trois acteurs au sein de l'écosystème avec des modèles d'affaires différents selon les caractéristiques des verticaux industriels et l'échelle des projets. Globalement, un écosystème typique de l'industrie verticale se compose des principaux acteurs suivants :



1. Les vendeurs. Les fournisseurs proposent des systèmes matériels et logiciels pour les industries verticales qui peuvent être classées dans les types suivants,

- Vendeur ICT : fournit des équipements et des services de réseau de télécommunications, y compris l'infrastructure de réseau passive ou active, comme les antennes, le réseau radio, le réseau central et le réseau de transmission, et les équipements auxiliaires connexes.

- b) Vendeurs IT : fournissent des dispositifs et des services liés aux systèmes IT, y compris les serveurs informatiques, les dispositifs de stockage, le réseau de commutation et les logiciels intermédiaires connexes, les logiciels virtuels, les plateformes de services en nuage et les services logiciels.
- c) Vendeur de terminaux : à la différence des terminaux pour le grand public (B2C), les terminaux de l'industrie verticale (B2B) sont plus diversifiés, notamment des téléphones mobiles et CPE robustes, caméras, « gateway » et routeurs industriels dans lesquels sont intégrés des modules/chipsets 5G. En outre, les fournisseurs de chipsets et de modules doivent être pris en compte pour les terminaux des industries verticales.
- d) Vendeur de matériel indépendant. Ils fournissent des terminaux industriels pour des industries spécifiques, comme les AGV (Automatic Guided vehicle), RGV (Rail Guided vehicle), IGV (Intelligent Guided Rail Guided vehicle), les drones, les lunettes AR, les robots, les portiques portuaires, les appareils de forage dans les champs pétrolifères et les camions miniers dans les mines.
- e) Fournisseur indépendant de logiciels. Ils fournissent des logiciels et des services pour des applications spécifiques dans des industries spécifiques, comme la modélisation des données AR/VR et les logiciels d'inspection de la qualité pour différentes industries.

2. Les Intégrateurs intermédiaires. Les Vendeurs listés ci-dessus fournissent du matériel et des logiciels informatiques, des terminaux aux intégrateurs intermédiaires. Les intégrateurs intermédiaires peuvent être classés en deux catégories :

- a) Intégrateur ICT : responsable de l'intégration du réseau, y compris des services d'intégration des systèmes de communication, d'IT et de terminaux connexes.
- b) Intégrateur de services : il est responsable de l'intégration des applications industrielles. L'intégrateur de services coopère avec les vendeurs de matériels indépendants, les fournisseurs de logiciels et les vendeurs de terminaux connexes pour intégrer des applications industrielles spécifiques.

3. Intégrateur de systèmes. L'intégrateur de systèmes est responsable de la fourniture d'applications et de services finaux aux clients de l'industrie verticale, ce qui signifie que l'intégrateur de systèmes doit consolider toutes les ressources matérielles, logicielles et de services. L'intégrateur de systèmes peut fournir des services aux clients de l'industrie verticale directement ou indirectement par le biais de partenaires de distribution.

Les modèles commerciaux varient selon les industries et les projets. Les intégrateurs intermédiaires peuvent également faire office d'intégrateurs de systèmes si l'intégration industrielle n'est pas difficile. Les opérateurs mobiles, suivant leurs modèles d'affaires peuvent aussi jouer le rôle d'intégrateurs système et/ou d'intégrateur ICT.

Les avantages du découplage des différents services et modules et de l'introduction du mode d'intégration des intégrateurs intermédiaires sont les suivants : Il peut réduire la difficulté pour chaque acteur de développer des produits et de fournir des services, abaisser le seuil de rentabilité d'un projet industriel et permettre à de nombreux acteurs de petite et moyenne taille de participer en fournissant seulement une partie des modules fonctionnels. Elle augmente la diversité de l'écosystème et renforce la robustesse de la chaîne d'approvisionnement.

D'un autre côté, le découplage des services et des modules ne doit pas être décomposé trop finement, ce qui conduirait à des marchés très fragmentés et à une concurrence féroce avec de nombreux acteurs non rentables. En outre, un trop grand nombre de fournisseurs de technologies de l'information et de la communication accroît la difficulté d'intégration des réseaux et des systèmes, augmente le coût de la gestion multifournisseur, ainsi que le coût du déploiement et de la maintenance des réseaux.

Question n°20

Quels acteurs de l'écosystème sont les plus fondés à disposer d'autorisations d'utilisation des fréquences ? Pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°20

Selon les caractéristiques de l'écosystème, les acteurs les plus fondés pouvant disposer d'autorisations d'utilisation des fréquences sont énumérés ci-dessous :

1. Clients verticaux : en tant qu'utilisateur final d'un réseau privé 5G, il pourrait construire de manière indépendante ce réseau (un réseau privé hybride ou isolé) avec une autorisation individuelle d'utilisation de fréquences pour déployer de la 5G NR. D'après notre compréhension de ces réseaux en Allemagne et en Chine, plus la maîtrise informatique et télécom de l'entreprise est élevée, et mieux elle sera à même d'opérer son propre réseau 5G local. En d'autres termes, le groupe de candidats le plus important est celui des multinationales ou des super grandes entreprises nationales. Il est également à noter qu'un coût de d'autorisation individuelle faible favorise ces déploiements.
2. Opérateur de Réseau Mobile disposant d'autorisation individuelle d'utilisation du spectre pour les technologies cellulaires de la 2G à la NR. Il est logique pour ces opérateurs d'étendre l'utilisation du spectre du public au privé pour étendre leurs modèles d'affaire sachant que ces opérateurs ont toujours le plus grand savoir-faire en matière d'exploitation de réseaux 5G.
3. Intégrateur de systèmes : Les grands intégrateurs de systèmes disposent d'un service en place qu'ils souhaitent mettre à niveau ou étendre aux services 5G. Ils sont donc disposés à mettre en place un réseau privé 5G avec un spectre local ou public pour fournir le service d'intégration auprès des propriétaires de site industriel.

2.3 Besoins sociétaux et obligations des autorisations d'utilisation de fréquences

2.3.1 Questions d'ordre général

Pas de réponses aux questions n°21,22, et 23.

2.3.2 Questions spécifiques à la couverture à l'intérieur des bâtiments

Question n°24

Quelles sont les évolutions attendues des usages à l'intérieur des bâtiments ? Pour répondre aux besoins, quelles seraient les solutions techniques et les modèles d'affaires (par exemple opérateur neutre) les plus appropriés ? quels types d'acteurs seraient susceptibles de les déployer ? Quels seraient les enjeux concurrentiels, techniques, réglementaires ou d'autre nature liés à ces solutions et modèles d'affaires ?

Réponse à la question n°24

Pas de réponse à cette question.

Question n°25

Quelles fréquences supplémentaires pourraient permettre de répondre aux besoins de couverture et de qualité de service indoor, et de quelle manière ? En particulier : la bande 26 GHz est-elle adaptée pour des solutions ad hoc en indoor ? Les bandes 450 MHz et 1,4 GHz pourraient-elles permettre, vu leurs qualités de propagation, un gain de couverture en indoor via les réseaux mobiles ? Quelles autres fréquences pourraient être envisagées pour répondre à ce besoin de couverture ?

Réponse à la question n°25

L'étendue d'une couverture indoor est plus souvent liée aux contraintes de propagation de l'environnement qu'aux propriétés intrinsèques de la fréquence. De plus, la surface de couverture d'une cellule indoor ainsi que son besoin en capacité pouvant être extrêmement disparates selon les solutions techniques mises en œuvre et l'usage des lieux, il ne nous paraît pas pertinent de lier la fourniture du service indoor à une fréquence en particulier. En effet, c'est à l'opérateur de décider quelles sont les fréquences les plus appropriées pour fournir la couverture et la capacité que nécessite son service indoor en fonction des contraintes terrains et des solutions à sa disposition.

Question n°26

Quel rôle joue le Wifi dans l'ensemble des solutions pour fournir des services à l'intérieur des bâtiments ? Le cas échéant, pour quels usages le Wifi n'est-il pas une technologie appropriée, et pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°26

La Wi-Fi n'est qu'une technologie d'accès radio et non une technologie de réseau à large bande.

Les technologies RLAN comme le Wi-Fi offrent un accès au mieux dans les hot spots, principalement à l'intérieur et sans mobilité. En raison du protocole d'accès du RLAN, il n'est pas possible d'obtenir une faible latence et une grande fiabilité. La dégradation des performances peut survenir dès que le nombre d'utilisateurs augmente, rendant ainsi la qualité de service peu fiable et prévisible. Les technologies RLAN peuvent compléter les technologies IMT dans certaines situations pour le délestage et/ou la capacité supplémentaire lorsqu'une grande mobilité n'est pas nécessaire.

Les technologies IMT, y compris l'IMT 2020 (5G NR), sont conçues et dotées des caractéristiques et des capacités nécessaires pour divers services et cas d'utilisation - tels que l'eMBB, le FWA, le V2X et divers cas d'utilisation verticaux, y compris l'URLLC et le mMTC - qui exigent une qualité de service prévisible avec différentes combinaisons de faible latence, d'ultra-fiabilité, de macro-couverture contiguë, d'expérience intérieure et extérieure transparente, de mobilité, de sécurité, etc.

2.3.3 Question sur l'accès fixe par les réseaux hertziens terrestres

Pas de réponse aux questions n°27 et n°28.

2.3.4 Numérique soutenable

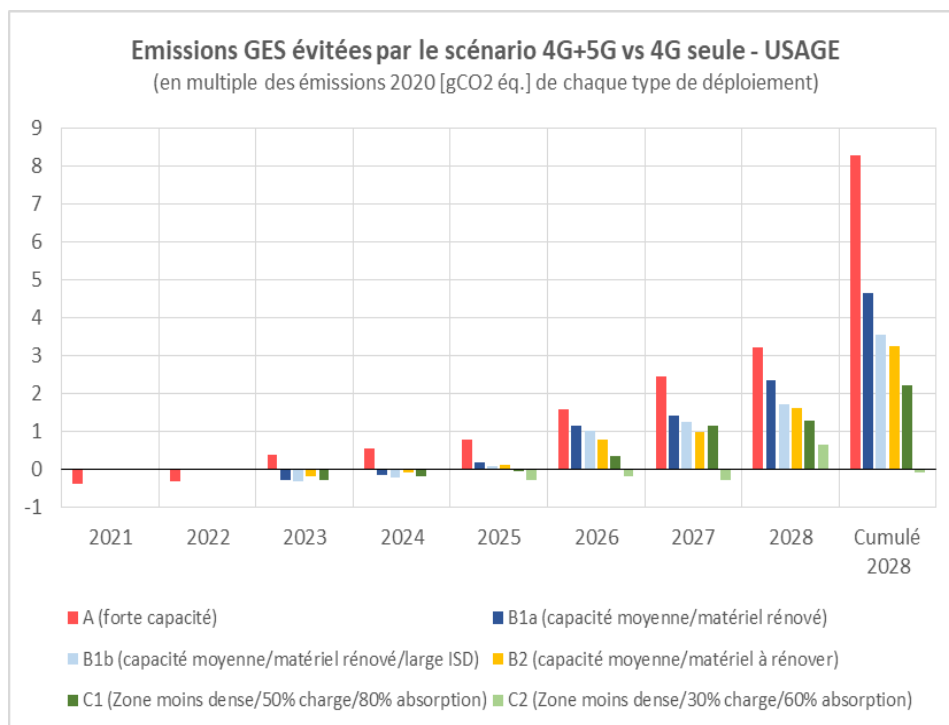
Question n°29

Avez-vous des propositions (leviers d'action, moyens, stratégies etc.) à partager en matière de gestion du spectre ou d'attribution de fréquences pour réduire l'impact environnemental des réseaux et plus généralement promouvoir un numérique soutenable ? Quelles exigences ou prérequis seraient nécessaires pour rendre opérant, le cas échéant, ce levier (disponibilité de données, cohérence méthodologique, contrôle/audit a posteriori etc.) ?

Réponse à la question n°29

Le comité d'experts techniques mobile, installé par l'Arcep en octobre 2018, a initié des travaux techniques pour apprécier l'impact de la technologie 5G sur la consommation énergétique et l'impact carbone.

Ce comité a évalué la consommation énergétique d'un déploiement 4G vs 5G ⁷ en analysant différents cas de déploiement :



Cette étude montre que l'ajout d'une bande de fréquences intermédiaire comme la bande 3,5 GHz avec une largeur de bande importante ⁸ et une technologie performante (la 5G avec systèmes MIMO) permet des gains environnementaux importants dans presque tous les cas de

⁷ <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-thematiques-transverses/empreinte-environnementale-du-numerique/consommation-energetique-reseaux-mobiles-etude-comparee.html>

⁸ 80 MHz pour l'opérateur dit de référence dans l'étude.

déploiement étudiés en rajoutant de la capacité à des sites macros existants: c'est une première conclusion qui est généralisable.

Ainsi toute nouvelle bande de fréquences intermédiaire avec suffisamment de largeur de bande, et une technologie mobile performante permet de rajouter de la capacité sur des sites macros qui sont réutilisés, et ainsi de limiter et contrôler l'empreinte environnementale des réseaux mobiles.

Toujours dans la logique de la réutilisation de sites macros de l'opérateur, une nouvelle bande de fréquences basse, qui va fournir plus de pénétration indoor et de couverture en bordure de cellule va permettre de limiter et contrôler l'empreinte environnementale des réseaux mobiles.

D'autre part, pour une même bande de fréquences, une plus grande largeur de bande allouée à l'opérateur pour ses stations de base, va permettre plus de capacité. Ce surplus de capacité va permettre, d'une part de réduire le nombre de sites radios pour cette bande de fréquences, et aussi d'autre part d'obtenir une meilleure efficacité énergétique. **Dans tous les cas, l'augmentation de la largeur de bande allouée à l'opérateur dans une bande de fréquences donnée permet de réduire l'impact environnemental des réseaux.**

De plus, toujours dans le cas d'une même bande de fréquences, les fréquences allouées à un opérateur doivent être contiguës pour les raisons suivantes :

- L'éclatement des fréquences de l'opérateur en plusieurs blocs risque de nécessiter le déploiement d'équipements radio supplémentaires (RRU, AAS) si ces blocs sont trop éloignés ou nécessitent un nombre trop important de canaux radios.
- Des fréquences non contiguës vont nécessiter plus de canaux radios, donc plus de canaux communs, et augmenter la consommation électrique de la station de base. L'agrégation rendue nécessaire des différents canaux radio fournira des débits inférieurs aux utilisateurs à cause de ces canaux communs et signalisation supplémentaires. La capacité de la station de base en sera diminuée. L'augmentation de la consommation électrique combinée avec une capacité réduite rendront les stations de base moins efficaces énergétiquement.

Dans le cas où une bande de fréquences serait allouée aux opérateurs en plusieurs étapes, il est important que l'opérateur dispose de stations de base reconfigurables vers l'objectif cible, afin de gérer efficacement cette flexibilité, et limiter le nombre de stations de base ainsi déployées. **Il est primordial que le régulateur prévoie et annonce les différentes étapes d'allocation de cette bande de fréquences à l'avance afin que l'ensemble des acteurs (opérateurs et fournisseurs de stations de base) puissent implémenter efficacement, notamment d'un point de vue environnemental, ce schéma flexible d'allocation de la bande de fréquences en plusieurs étapes.**

Un autre cas de gain environnemental va provenir du refarming des bandes de fréquences par une technologie mobile plus efficace énergétiquement : à ce titre, le régulateur devra veiller à la neutralité technologique des bandes de fréquences y compris en prenant compte les innovations à venir, éviter tout obstacle comme un plan de fréquences inadapté, et pourra montrer l'intérêt environnemental du refarming à travers sa communication.

En résumé, nous avons décrit les différents leviers suivants permettant de favoriser la limitation et de contrôler l'impact environnemental des réseaux mobiles :

1. Allocation d'une nouvelle bande de fréquences intermédiaire avec suffisamment de largeur de bande, et une technologie mobile performante.
2. Allocation d'une nouvelle bande de fréquences basse.
3. Pour une bande de fréquences donnée, plus grande largeur de bande.
4. Pour une bande de fréquences donnée, fréquences contiguës pour un opérateur.
5. Planning précis par le régulateur afin d'implémenter précisément la flexibilité requise dans le cas d'une bande de fréquences allouée aux opérateurs en plusieurs étapes.
6. Toute mesure permettant de favoriser le refarming de bandes de fréquences avec une technologie plus efficace (neutralité technologique, plan de fréquences, communication, ...)

En plus de ces différents leviers directement liés aux fréquences, un autre levier important est constitué par les différentes fonctions de veille des stations de base permettant de limiter leurs émissions et consommations énergétiques lorsque la charge de trafic est plus faible.

Il nous paraît important que l'Autorité facilite leur emploi, en évitant que d'autres mesures de régulation ou obligations ne viennent entraver pour l'opérateur mobile leurs activations, comme par exemple une obligation d'émission de la station de base toute la journée sur une fréquence donnée, ou des mesures de débits pics dans une campagne de QOS ne prenant pas en compte ces fonctions de veille.

Question n°30

En tant qu'opérateur ou entreprise, disposez-vous d'une stratégie environnementale ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau de votre organisation ? Comportez-vous un volet réseau ou numérique ? Avec quels outils ou quelle méthodologie contrôlez-vous le respect de cette stratégie ? De quelle manière la sollicitation et l'utilisation de fréquences jouent un rôle dans cette stratégie ?

Réponse à la question n°30

La protection de l'environnement est l'une des quatre stratégies de durabilité de Huawei. Huawei s'engage à minimiser son impact environnemental pendant la production, les opérations et tout au long du cycle de vie de ses produits et services. Nous utilisons des produits et des solutions innovants pour aider les industries à réduire leur consommation d'énergie et leurs émissions, et à œuvrer pour une économie circulaire. Nous travaillons également avec nos partenaires industriels pour créer une société à faible émission de carbone.

Dans le cadre de notre engagement en faveur de la technologie pour une meilleure planète, nous allons augmenter les investissements dans les quatre domaines suivants :

1. Réduction des émissions de carbone : Nous économisons continuellement l'énergie et réduisons les émissions grâce à des innovations dans les technologies et les méthodes de gestion afin de réduire l'empreinte de nos produits. Nous travaillons avec des partenaires en amont et en aval pour économiser l'énergie, réduire les émissions et construire une chaîne d'approvisionnement entièrement verte. Nous utilisons également des TIC innovantes pour aider diverses industries à réduire leurs émissions et à assumer les responsabilités qui en découlent.
2. Promouvoir les énergies renouvelables : Grâce à une intégration profonde des TIC et des technologies photovoltaïques, nous favorisons une évolution du mix énergétique vers une faible teneur en carbone, améliorons l'efficacité des énergies renouvelables et fournissons de l'énergie verte pour le monde intelligent.
3. Contribuer à une économie circulaire : En commençant à la source, nous sélectionnons des matériaux respectueux de l'environnement, réduisons la quantité de matières premières nécessaires et améliorons la durabilité et la facilité de démontage des produits. Nous voulons améliorer le bien-être en utilisant moins de ressources.
4. Préserver la nature grâce à la technologie : Huawei travaille avec des partenaires mondiaux pour explorer les moyens d'utiliser les TIC pour surveiller, protéger et maintenir plus efficacement un bon écosystème, et accroître la biodiversité.

Huawei s'efforce de réduire son empreinte carbone, et nous encourageons nos 100 plus grands fournisseurs à fixer leurs propres objectifs en matière d'émissions de carbone. En 2020, nos émissions de carbone par million de RMB de chiffre d'affaires étaient inférieures de 33,2 % par rapport à l'année de référence (2012), dépassant l'objectif de 30 % auquel nous nous étions engagés en 2016. 93 de nos 100 plus grands fournisseurs ont fixé leurs objectifs en matière d'émissions de carbone et mis en œuvre des initiatives pertinentes. Nous continuons d'explorer de manière proactive nos objectifs à moyen et long terme en matière d'émissions de carbone.

En 2020, nous avons actualisé nos objectifs comme suit :

- En 2025, nos émissions de carbone par million de RMB de revenus seront inférieures de 16 % à celles de 2019 ;
- En 2025, l'efficacité énergétique moyenne de nos principaux produits sera 2,7 fois plus élevée qu'en 2019 ;
- En 2025, chacun de nos 100 principaux fournisseurs fixera ses objectifs en matière d'émissions de carbone.

Huawei a mis en place un comité de développement durable d'entreprise (CDD), dont les membres sont plus de 10 cadres supérieurs de divers départements, notamment des ressources humaines, de la fabrication, de l'administration, de l'approvisionnement et de la recherche et développement. Le comité est présidé par le président du département de gestion de la qualité, des processus d'affaires et du département des TI, qui est également membre du conseil d'administration. Le comité élabore, définit l'orientation et surveille la mise en œuvre des stratégies, des directives, des objectifs, des politiques et des réglementations de l'entreprise en matière de durabilité.

En outre, Huawei prépare et publie chaque année un rapport sur la durabilité et chaque rapport est vérifié par un organisme tiers indépendant.

Pour souligner davantage notre ouverture, Huawei divulgue sa stratégie de gestion du changement climatique, son mécanisme de gouvernance, ses risques et opportunités, ses objectifs, ses chiffres d'émissions et sa participation aux efforts du secteur via le Carbon Disclosure Project (CDP). En 2020, le CDP, organisme environnemental mondial à but non lucratif, a noté plus de 5 800 entreprises pour leurs efforts en matière de lutte contre le changement climatique, et Huawei a été l'une des rares entreprises à recevoir la prestigieuse note "A" et le prix "Outstanding Supplier with Effective Response to Climate Change" pour ses actions de réduction des émissions, d'atténuation des risques climatiques et de développement de l'économie à faible émission de carbone.

Huawei a toujours mis l'accent sur le développement durable et l'innovation. Huawei a investi 22,4 % de son chiffre d'affaires dans la R&D en 2021, et s'est classée au 2e rang du tableau de bord des investissements en R&D industrielle de l'UE en 2021, le total des dépenses en R&D au cours de la dernière décennie ayant atteint 845,6 milliards de CNY.

Entre autres, nos innovations portent sur l'utilisation optimale des ressources existantes et rares. En termes de fréquence, par exemple, Huawei a depuis toujours mis énormément d'efforts et d'innovation dans la conception de ses équipements et solutions mobiles pour en améliorer la performance énergétique, en utilisant tous les leviers possibles, comme par exemple :

- Huawei fut un pionnier de l'architecture distribuée des stations de base qui permet de réduire les pertes câbles et de s'affranchir des besoins de climatisation sur les sites radio.
- Huawei a constamment amélioré l'efficacité énergétique de ses technologies pour réduire la consommation électrique de ses modules radio et baseband.
- Huawei a introduit les premiers modules RF multi-bandes qui permettent de supporter 2 ou 3 bandes avec un seul module RF.
- Huawei a supporté très tôt les fonctionnalités de mutualisation des réseaux qui permettent de réduire l'empreinte environnementale des réseaux dans les zones à faible densité.
- Huawei a toujours encouragé le refarming des bandes historiques vers les technologies 4G/5G qui sont plus efficaces énergétiquement.

- Huawei a développé de nombreuses fonctionnalités de mise en veille ou d'extinction des équipements pour réduire la consommation des réseaux en période de faible trafic.

Question n°31

Pour chacune des bandes de fréquences mentionnées en partie 4, identifiez-vous des impacts environnementaux positifs ou négatifs propres à l'utilisation de ces bandes de fréquences ?

Réponse à la question n°31

Nous reprenons les différents leviers décrits à la question 29 permettant de contrôler l'impact environnemental des réseaux mobiles.

Nous les déclinons à titre d'exemples par différentes bandes de fréquences mentionnées en partie 4 de cette consultation :

1. Allocation d'une nouvelle bande de fréquences intermédiaire avec suffisamment de largeur de bande, et une technologie mobile performante :
 - a. L'allocation du haut de bande 6 GHz pour les services mobiles avec de la 5G, 6G.
 - b. A contrario, l'allocation de cette bande de fréquences pour du RLAN/WIFI viendrait augmenter l'impact environnemental des réseaux mobiles car l'opérateur mobile devrait déployer plus de sites macros, sachant que le haut de la bande 6 GHz est la seule bande nouvelle de fréquences intermédiaires qui pourrait être allouées aux services mobiles dans une perspective moyen, long terme.
2. Allocation d'une nouvelle bande de fréquences basse aux services mobiles :
 - a. L'allocation de la bande L dans une perspective court terme, et l'allocation de la bande UHF dans une perspective moyen/long terme.
3. Pour une bande de fréquences donnée, plus grande largeur de bande :
 - a. De nombreux exemples de bandes de fréquences peuvent illustrer ce cas, comme la bande de fréquences 26 GHz et la bande L, ainsi que les nouvelles fréquences de 3420-3490 MHz pour les opérateurs mobiles dans la bande de fréquences 3,4-3,8 GHz.
4. Pour une bande de fréquences donnée, fréquences contiguës pour un opérateur.
 - a. Le réaménagement de l'ensemble de la bande de fréquences 3420-3800 MHz pour les opérateurs mobiles avec des fréquences contiguës en conservant la position actuelle des opérateurs nous paraît bien illustrer ce cas.

5. Planning précis par le régulateur afin d'implémenter précisément la flexibilité requise dans le cas d'une bande de fréquences allouée aux opérateurs en plusieurs étapes.
 - a. Nous comprenons que la bande 26 GHz pourrait être allouée en plusieurs étapes, avec le haut de la bande dans un premier temps, et le reste de la bande dans un deuxième temps.
6. Toute mesure permettant de favoriser le refarming de bandes de fréquences avec une technologie plus efficace :
 - a. Le refarming de la bande 900 MHz en 4G-5G, qui est utilisée à ce jour en 2G-3G est un bon exemple, avec la nécessité pour le régulateur d'implémenter la neutralité technologique au niveau national.

2.3.5 Mutualisation

Question n°32

Comment les stratégies d'attributions de fréquences peuvent-elles contribuer à la mutualisation des infrastructures ? Au-delà du cadre existant, quelles sont les mesures spécifiques en matière de partage de réseaux mobiles pour les déploiements futurs qui pourraient être utiles ? Dans quelles bandes de fréquences et pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°32

La mutualisation des infrastructures peut se découper en 2 niveaux majeurs :

1. partage du site télécom (avec partage du pylône le cas échéant) ainsi que de certaines infrastructures passives ;
2. partage de la totalité de l'infrastructure : site télécom, infrastructure passive et infrastructure active.

Cas 1 : partage du site télécom (avec partage du pylône le cas échéant) ainsi que de certaines infrastructures passives.

Ce cas de mutualisation a comme avantage essentiel d'éviter la multiplication de pylônes et notamment de contribuer à la protection de l'environnement et à la préservation du patrimoine naturel et paysager. Il permet également de mutualiser certains équipements passifs comme par exemple la fourniture d'énergie, avec comme bénéfice l'optimisation des coûts récurrents liés au site pour les opérateurs.

Pour ce cas de mutualisation, les fréquences utilisées ainsi que la stratégie d'attribution de ces fréquences n'ont pas d'influence sur la possibilité de partage.

Cas 2 : partage du site télécom ainsi que des infrastructures passives et actives

Dans ce cas de mutualisation de la totalité des équipements présents sur un site Télécom, y compris les infrastructures actives, 2 cas principaux sont à considérer :

- 1- Les équipements sont destinés à apporter la couverture ou un complément de couverture pour un service nécessitant une capacité minimale sur une zone donnée. Dans ce cas, il y a un intérêt à la mise en commun des équipements passifs et actifs.
- 2- Les équipements sont destinés à apporter de la capacité ou un complément de capacité pour un service sur une zone donnée. Dans ce cas, la mise en commun des équipements actifs ne permet pas d'offrir cette capacité supplémentaire, ou bien de manière limitée, puisque l'équipement actif devra être partagé entre chaque opérateur. La mutualisation n'est dans ce cas pas compatible avec l'objectif initial d'ajout de capacité.

Question n°33

Dans quel environnement (par exemple : indoor/outdoor, zone dense/moins dense, etc.) la mutualisation des petites cellules serait-elle la plus appropriée ? Pour quels gains ? Au contraire, dans quel environnement serait-elle la plus problématique ? Pour quelles raisons ? Quels sont les enjeux concurrentiels et/ou stratégiques liés à la mutualisation des petites cellules que vous identifiez ?

Réponse à la question n°33

La présence de petites cellules est aujourd'hui essentiellement cantonnée aux zones denses ou zones à couverture spécifique où il est nécessaire d'apporter des compléments de capacité ou de couverture que seules les cellules dites « macro » ne peuvent pas fournir.

Dans le cas où les petites cellules ont pour objectif d'apporter un complément de capacité pour un service donné, la mutualisation des petites cellules ne permettra pas cet ajout de capacité, car les ressources sont mises en commun entre les différents opérateurs.

Dans le cas d'un pur complément de couverture, la mutualisation aura son intérêt car elle limitera la quantité des équipements. Un pré-requis serait de s'appuyer sur une architecture 5G Stand Alone. En effet, en mode Non Stand Alone, de fortes contraintes existent sur l'équipement LTE qui permet l'ancrage nécessaire via l'interface X2 et la mise en œuvre d'une mutualisation impliquerait également de partager le LTE, ce qui d'un point de vue pratique apparaît comme terriblement problématique vu les déploiements LTE déjà réalisés.

2.4 Questions spécifiques par bande de fréquences

Question n°34

Parmi toutes les bandes de fréquences listées ci-dessus et détaillées par la suite, lesquelles apparaissent prioritaires pour vos besoins ?

Réponse à la question n°34

Comme indiqué par l'Autorité, différentes bandes de fréquences pour le service mobile, sont ou bien déjà harmonisées à l'échelle Européenne, ou en cours d'harmonisation, ou font l'objet d'études au niveau international, notamment dans le cadre de la Conférence Mondiale des Radiocommunications de 2023.

Huawei est impliqué dans de nombreux groupes de travail travaillant sur ces fréquences, aussi bien en France, qu'au niveau international : toutes les contributions dans ces groupes de travail sont complémentaires, sans priorisation.

De plus différentes bandes de fréquences pour le service mobile ont des fonctions différentes comme la fourniture de plus de couverture et pénétration (fréquences basses), de capacité importante en permettant notamment de réutiliser des sites radios existants (fréquences intermédiaires), ou permettant du très haut débit mobile sur des zones plus réduites (fréquences élevées).

Ces différentes bandes de fréquences apparaissent donc complémentaires entre elles, sans besoin de priorisation entre elles.

Il nous paraît justement fondamental de bien veiller à ce que de nouvelles bandes de fréquences pour le service mobile soient harmonisées internationalement et allouées au niveau national dans les fréquences basses, intermédiaires et hautes, et sous autorisation individuelle afin de permettre la qualité de service nécessaire.

Question n°35

Identifiez-vous d'autres bandes de fréquences présentant un intérêt pour le service mobile dans un horizon rapproché ?

Réponse à la question n°35

La bande suivante pourrait présenter un intérêt dans un avenir rapproché, en plus des bandes de fréquences indiquées par l'ARCEP (c'est-à-dire 450, 470-694 MHz, 700 MHz, 1400 MHz, 3410-3490, 2100 (FDD et TDD), 3800-4200 MHz, 6425-7125 MHz, 26, 42, 66-71, 90 GHz) :

- La bande 2300 MHz : L'ECC PT1 est en train de finaliser la mise à jour du cadre harmonisé existant pour tenir compte des stations de base 5G NR et AAS. Nous comprenons que les déploiements de macro-cellules pourraient être difficiles dans cette

bande en raison de la présence de systèmes en place pour lesquels une protection doit être assurée. Parmi les approches possibles pour cette bande, nous recommandons d'explorer l'utilisation de la bande pour une utilisation uniquement dans le sens montant (en combinaison avec des liaisons descendantes disponibles dans d'autres bandes). Cette approche améliorerait considérablement la capacité des opérateurs à répondre aux exigences de débit montant plus élevé et de faible latence de certains cas d'utilisation émergents, tout en facilitant la coexistence avec les services en place.

Pour d'autres bandes de fréquences présentant un intérêt pour le service mobile, mais dans un horizon plus lointain, voir la réponse à la question n°98.

2.4.1 Partage des fréquences et attributions localisées

Question n°36

Parmi les bandes de fréquences qui font l'objet de questions ci-dessous, lesquelles semblent les plus appropriées à une attribution localisée ? A une réutilisation par usage secondaire ?

Réponse à la question n°36

Les différentes fréquences basses comme les bandes 1,4 GHz, 700 MHz SDL, 470-694 MHz permettent pour des raisons physiques de la couverture et de la pénétration à travers les bâtiments : elles ont donc vocation à être allouées nationalement pour le service mobile, et donc pas localement.

La bande de fréquences FDD 2,1 GHz est déjà allouée au niveau national pour les opérateurs mobiles, et les rajouts de bandes de garde devraient logiquement être attribués à ces mêmes opérateurs, toujours donc sur une base nationale et pas locale.

La bande de fréquences 6425 - 7125 MHz est en cours d'étude pour le service mobile dans le cadre de la future Conférence des Radiocommunications en 2023. Sa vocation dans le cadre de ces études est d'être une bande de fréquences allouée sous autorisation individuelle, au niveau national, et pas local. Cette bande de fréquences pourra être ainsi être déployée en réutilisant des sites macros des opérateurs mobiles, permettant une approche technico-commerciale et environnementale optimisée qui ne serait pas possible avec une attribution locale.

La réussite du lancement de la bande 26 GHz est liée à l'attribution de larges blocs pour les opérateurs mobiles, et dans ces conditions une attribution nationale nous paraît la plus adaptée afin d'assurer le succès de son lancement en permettant l'effet d'échelle nécessaire. Puis, dans un deuxième temps, et avec le recul nécessaire, le reste de la bande pourra être attribué avec le schéma le plus adapté.

Par contre, d'autres bandes de fréquences semblent plus destinées à un usage local.

La bande de fréquences 3800 - 4200 MHz est en cours d'harmonisation à l'échelle européenne pour des licences locales

La bande de fréquences 66-71 GHz est une bande qui devrait être allouée sous autorisation générale, et donc devrait être utilisée localement.

Pour la partie de la question sur la réutilisation par usage secondaire, nous partons de la définition qui en est donnée dans la consultation :

- Un usage secondaire des fréquences est possible lorsqu'un nouvel acteur est autorisé, sur un périmètre donné, à utiliser des fréquences déjà attribuées à un acteur primaire, dans le cas où par exemple ce dernier n'en fait pas un usage effectif sur ce périmètre.

Plusieurs éléments nous apparaissent importants à prendre en compte dans l'analyse de la réutilisation des fréquences par usage secondaire :

1. La problématique des interférences avec différents cas à prendre en compte :

- Les interférences entre les zones géographiques déjà déployées par l'acteur primaire et la zone où le nouvel acteur serait autorisé à un moment donné.
- L'empêchement pour l'acteur primaire à continuer à déployer dans de nouvelles zones, à cause d'interférences avec la zone où le nouvel acteur aurait été autorisé.
- Les fréquences en mode TDD posent le challenge supplémentaire de la question de l'évaluation du besoin de synchronisation entre l'acteur primaire et le ou les acteurs secondaires, et les acteurs secondaires entre eux.
- La complexité de la situation multi-frontière générée entre les différentes zones de l'acteur primaire et les zones des différents acteurs secondaires, et entre les zones des acteurs secondaires, avec des problématiques complexes de réglementation pour caractériser, mesurer, et résoudre ces problèmes d'interférences.

2. L'incertitude générée sur l'acteur primaire par une telle situation le perturbant dans son plan de déploiement et d'investissement pouvant avoir un effet contre-productif.

Les différentes problématiques mentionnées nous paraissent rédhibitoires pour un usage secondaire de fréquences basses ou intermédiaires (comme par exemple fréquences de la bande L, C, future bande 6 GHz) car ces fréquences couvrent des zones trop importantes.

Mais même pour des fréquences hautes, les challenges techniques, technico-économiques et réglementaires apparaissent très importants pour implémenter raisonnablement l'approche de l'utilisation secondaire du spectre pour des services mobiles.

Question n°37

Le cas échéant, si ces bandes de fréquences voient coexister usage mobile et autres usages (satellite, lien fixe ...), quels modes de partage vous apparaissent pertinents ?

Réponse à la question n°37

De manière générale, nous reconnaissons la nécessité d'évaluer comment les techniques de gestion du spectre pourraient évoluer à l'avenir en vue d'une utilisation plus efficace du spectre. En conséquence, nous considérons que les administrations et l'industrie devraient s'efforcer de mettre en place des mesures proportionnées, les moins restrictives possibles, et soutenues par une analyse coûts/bénéfices. La complexité (tant pour le régulateur que pour les détenteurs de droits d'utilisation) devrait être réduite au minimum afin d'attirer les investissements et de soutenir les économies d'échelle qui sont essentielles pour déclencher les écosystèmes sains qui se traduiront par des avantages tangibles pour les utilisateurs finaux et la société dans son ensemble.

La demande croissante de connectivité mobile terrestre à large bande et le fait que la replanification des fréquences ou l'autorisation des opérateurs historiques pour permettre le déploiement de l'IMT ne sont pas toujours possibles, signifient que des niveaux croissants de partage du spectre entre les réseaux IMT et les autres services seront inévitables à l'avenir.

À ce titre, le secteur de la téléphonie mobile a été très actif ces dernières années dans la mise en place de cadres efficaces de partage du spectre entre services aux niveaux mondial et européen, afin de permettre une utilisation plus étendue des ressources limitées du spectre⁹.

Il n'y a pas de solution unique pour le partage: différentes approches et solutions s'appliqueront.

Les bandes de fréquences étudiées dans cette consultation pour les services mobiles ayant des caractéristiques de propagation et pénétration fort différentes et sachant la variété des services en co-canal ou bandes adjacentes, il nous apparaît plus adapté d'étudier les modes de partage au cas par cas.

Dans le cadre de généralités sur le sujet, il est à noter que d'autres technologies peuvent contribuer au partage du spectre entre les réseaux IMT et le FS/FSS :

- **MIMO massif et formation de faisceau** afin de diriger le rayonnement loin des opérateurs historiques. Ces technologies sont déjà prises en compte dans les études de la CEPT et de l'UIT-R.
- **Modèles de propagation améliorés** avec l'utilisation de mesures et de cartes numériques en 3D pour représenter avec précision l'impact du terrain naturel et des constructions humaines sur la propagation et les interférences radioélectriques.

⁹ Voir par exemple le rapport ECC 303: "Guidance to administrations for coexistence between 5G and fixed links in the 26 GHz band ("Toolbox")," Juillet 2019, ou le rapport ECC 254: "Operational guidelines for spectrum sharing to support the implementation of the current ECC framework in the 3600-3800 MHz range," Novembre 2016.

- **Critères de protection** : abandon des rapports interférence/bruit (I/N) trop stricts au profit de rapports porteuse/interférence (C/I) plus raisonnables.
- **Amélioration des caractéristiques des récepteurs** afin d'atténuer également l'impact des interférences entre canaux adjacents grâce à des niveaux de filtrage adéquats des récepteurs.

Question n°38

Pour quelles bandes de fréquences un partage « dynamique » du spectre entre titulaires d'autorisation pour un usage mobile, ou entre titulaires d'autorisation pour des usages différents, vous semblerait pertinent ? Avec quelles modalités de mise en œuvre possibles ?

Réponse à la question n°38

Voir ci-dessous un résumé de notre réponse, ainsi qu'une réponse détaillée.

Résumé de notre réponse :

Nous ne considérons pas que le dynamisme soit nécessairement un attribut positif dans le contexte du partage du spectre. Nous considérons qu'il est important que tout cadre de partage du spectre permette un accès stable au spectre, soit aussi simple que possible et aboutisse à des conditions techniques les moins restrictives possibles.

Dans le contexte du partage du spectre à l'intérieur d'un service (partage entre différentes applications du service mobile), notre expérience montre que les utilisateurs des réseaux IMT nationaux et locaux recherchent en général un accès stable et garanti au spectre, et que tout accès dynamique au spectre ne ferait que les décourager d'investir. Les utilisateurs qui se satisfont de communications basées sur un accès dynamique/opportun au spectre - et des incertitudes qui l'accompagnent - peuvent utiliser des bandes sous autorisation générale. En conséquence, nous ne considérons pas que des cadres de partage dynamique du spectre soient nécessaires pour le partage intra-service.

Dans le contexte du partage du spectre entre services, nous considérons qu'un partage accru entre les réseaux IMT et les autres services de l'UIT-R est inévitable, étant donné la demande croissante de connectivité mobile terrestre à large bande. Cependant, nous considérons que - dans un premier temps - un tel partage devrait être envisagé dans les bandes où les récepteurs en place sont géographiquement fixes et non ubiquitaires, et peuvent donc être protégés efficacement et avec des conditions techniques moins restrictives et non dynamiques. Nous considérons que les bases de données pourraient faciliter le partage entre services en communiquant toute restriction directement aux équipements utilisant du spectre sous autorisation générale. Une telle communication est moins applicable aux réseaux licenciés avec des autorisations individuelles, dans le sens où les restrictions peuvent être facilement reprises dans les conditions de licence ou communiquées d'une autre manière à l'opérateur, ce qui évite la nécessité d'une communication directe entre les bases de données et l'équipement radio. Au-delà des bases de données, les systèmes d'antennes actives et les modèles de propagation améliorés peuvent jouer un rôle important pour faciliter le partage entre services.

Enfin, nous saluons les efforts visant à utiliser les technologies de l'information pour "automatiser" les processus d'octroi de licences (y compris la création de portails de demande de licence en ligne), dans la mesure où cela pourrait accélérer le processus de délivrance des licences aux demandeurs. Nous notons que c'est en fait ce que demandent la plupart des utilisateurs, et qu'il ne faut pas confondre cela avec une demande d'accès dynamique au spectre.

Réponse détaillée

Introduction

Nous notons que les questions de partage du spectre entre services et à l'intérieur des services sont souvent confondues, ce qui entraîne des malentendus. C'est pourquoi nous les traitons séparément dans ce qui suit.

Partage du spectre intra-service

Il s'agit du partage co-canal du spectre entre différentes applications du service mobile dans une bande donnée. Il peut s'agir, par exemple, d'un partage du spectre dans le même canal entre différents réseaux IMT, ou entre des réseaux IMT et WAS/RLAN.

Nous notons que les réseaux IMT sont eux-mêmes des systèmes de partage du spectre très sophistiqués : grâce à des technologies telles que la réutilisation des fréquences cellulaires et le découpage du réseau, les réseaux IMT permettent à des milliards d'utilisateurs et de dispositifs de partager les mêmes fréquences pour répondre à une grande variété de cas d'utilisation et avec une qualité de service prévisible/gérée.

Un accès prévisible au spectre et un environnement stable en matière d'interférences sont essentiels pour exploiter la fiabilité, la faible latence et l'efficacité spectrale des réseaux IMT et pour encourager les investissements dans la capacité et la couverture. Ces éléments sont essentiels pour les réseaux publics et privés.

Sur la base de nos engagements étendus avec les verticaux, les entreprises et les nouveaux utilisateurs potentiels du spectre, nous ne voyons pas de demande d'accès dynamique/opportuniste au spectre pour les réseaux IMT. Ces utilisateurs recherchent un accès stable et garanti au spectre afin de leur permettre d'investir dans des équipements pour des applications (allant du haut débit mobile à l'automatisation industrielle et à la conduite assistée/automatisée) qui nécessitent souvent une gestion de la qualité de service et qui sont rendues possibles par l'octroi de licences sous autorisations individuelles, que ce soit au niveau national ou local.

Plus précisément, nos recherches sur l'octroi de licences locales dans la bande 3800-4200 GHz au Royaume-Uni ont montré que, si certaines parties plaident pour l'introduction de l'accès dynamique au spectre (DSA) dans cette bande, les titulaires de licences eux-mêmes ont les préoccupations suivantes :

- Longs délais entre la demande et la délivrance des licences locales. Il s'agit d'une question d'optimisation du personnel et des processus, et l'accès dynamique au spectre n'apporte aucun avantage.
- Conditions techniques restrictives des licences, durée limitée de certaines licences locales et rejet occasionnel des demandes de licences locales. Il s'agit effectivement de

questions de gestion du spectre, mais elles sont toutes le résultat de règles de coexistence réglementaires spécifiées par le régulateur pour la protection des autres utilisateurs, et le DSA ne peut apporter aucun avantage à cet égard.

- L'accaparement du spectre par des titulaires de licences qui n'utilisent pas réellement leur spectre sous licence. Les mesures de lutte contre l'accaparement sont certainement importantes, en particulier pour les licences locales relativement peu coûteuses. Mais ce type de mesure ne nécessite pas de mécanismes de gestion dynamique du spectre.

Lorsque certains utilisateurs pourraient se satisfaire du déploiement de réseaux de communication basés sur un accès dynamique/opportuniste au spectre et de l'incertitude qui est inévitablement associée à une telle utilisation, les bandes soumises à une autorisation générale sont recommandées à cette fin. Un tel accès opportuniste est, par exemple, offert par les technologies WAS/RLAN telles que IEEE Wi-Fi et 3GPP 5G NR-U (New Radio - Unlicensed) qui sont conçues pour fonctionner dans des bandes de fréquences sous autorisation générale..

En conséquence, nous considérons que les cadres d'autorisation du spectre existants basés sur l'octroi de licences individuelles (nationales ou locales) et sous autorisation générale dans des fréquences distinctes respectivement, tels qu'ils sont disponibles aujourd'hui, sont suffisants pour répondre à tous les scénarios de partage du spectre intra-service prévus pour les cas d'utilisation innovants, et nous ne voyons pas la nécessité de cadres d'accès dynamique au spectre à cette fin.

Partage du spectre entre services

Il s'agit du partage co-canal du spectre entre les réseaux IMT et les utilisateurs existants d'autres services dans une bande donnée (c'est-à-dire entre différents services tels que définis par l'UIT-R : service mobile, service fixe, service fixe par satellite, etc.)

Le partage du spectre est rarement simple car il est, par définition, étroitement lié à la difficile tâche de gestion des interférences. Il est donc important d'identifier les cas de partage qui

- a) évitent des conditions techniques trop strictes pour la protection des utilisateurs,
- b) sont peu complexes, et
- c) permettent un environnement d'interférence stable et un accès stable au spectre.

De tels cas peuvent être identifiés en suivant les principes directeurs décrits ci-dessous :

- La séparation géographique entre le brouilleur et la victime est essentielle pour atténuer les interférences nuisibles. Il est donc important que les récepteurs des services protégés ne soient pas géographiquement omniprésents.
- Il est important que les récepteurs des services protégés aient des emplacements connus et fixes, afin qu'ils puissent être protégés de manière effective et efficace.
- Il est utile que les communications protégées soient de nature directionnelle et puissent donc bénéficier d'une discrimination angulaire à l'émission et à la réception.

À la lumière des lignes directrices ci-dessus, on peut conclure que les espaces blancs de télévision (TVWS) n'étaient pas un candidat idéal pour le partage du spectre, car a) même si les récepteurs de télévision numérique terrestre protégés en place sont fixes, ils sont aussi largement répartis géographiquement, et b) les licences PMSE protégées peuvent être délivrées à tout moment et en tout lieu. Ces facteurs contribuent à des conditions techniques strictes et - peut-être plus important encore - variables dans le temps pour les dispositifs TVWS.

D'une manière générale, nous considérons également que le "partage temporel" du spectre entre services n'est pas particulièrement propice à l'investissement, car il implique une incertitude quant à la disponibilité du spectre. En outre, il est peu probable que le "partage du temps" soit utile dans la pratique, à moins que le modèle d'utilisation du nouveau service ne corresponde étroitement à l'inverse des modèles d'utilisation des opérateurs en place. Il est peu probable que ce soit le cas dans la plupart des cas.

En revanche, un partage efficace du spectre avec des services tels que le SF et le SFS est plus réalisable, en raison de la nature fixe des opérateurs historiques. Plus précisément, ce partage pourrait bénéficier de mécanismes d'accès au spectre assisté par base de données (DBASA), grâce auxquels des informations sur les récepteurs en place peuvent être mises à disposition dans une base de données et utilisées pour établir les conditions techniques les moins restrictives pour les nouveaux utilisateurs.

Ces mécanismes DBASA seraient particulièrement utiles pour faciliter le partage du spectre entre les équipements radioélectriques exemptés de licence et les opérateurs en place. En effet, l'identité, le nombre et la localisation des utilisateurs exemptés de licence ne sont généralement pas connus, et leur protection vis-à-vis des opérateurs historiques ne pourrait donc pas être garantie avec certitude en l'absence d'un cadre assisté par une base de données. Dans ce cas, toute restriction opérationnelle pourrait être communiquée directement de la base de données à l'équipement radio exempté de licence. Le mécanisme de coordination automatique des fréquences (AFC) envisagé pour les WAS/RLAN à 6 GHz en est un exemple.

Cependant, nous ne pensons pas que de tels cadres assistés par des bases de données soient nécessaires pour les réseaux IMT sous licence individuelle, étant donné que toutes les restrictions relatives au partage entre services peuvent être décrites¹⁰ dans les conditions de licence et mises en œuvre par le réseau, qui fait lui-même office de base de données. En fait, c'est l'un des nombreux avantages de l'attribution d'autorisations individuelles par rapport au mode d'autorisations générales : les réseaux IMT permettent à un grand nombre d'utilisateurs et de dispositifs de partager les mêmes fréquences afin de répondre à une grande variété de cas d'utilisation, avec une qualité de service prévisible et gérée par l'opérateur.

¹⁰ Et toute modification des conditions des licences peut être transmise si nécessaire électroniquement aux opérateurs mobiles.

2.4.2 Les fréquences harmonisées au niveau européen qui pourrait faire l'objet d'une attribution à court terme

2.4.2.1 La bande 1427-1517 MHz (dite 1,4 GHz)

Pour le bloc 1427 - 1432 MHz

Question n°39

Compte tenu de cette contrainte pérenne, estimez-vous pertinent que ce bloc soit proposé pour attribution ?

Réponse à la question n°39

Développer des équipements de station de base faible puissance spécifiques pour le bloc 1427-1432 MHz présente peu d'intérêt considérant les autres bandes déjà disponibles pour des stations de base faible puissance. L'intérêt de la bande L réside dans son potentiel de couverture équivalente à une bande basse, donc pour le marché macro cellule à forte puissance. Il n'y a pas de demande marché pour le bloc 1427-1432 MHz à ce jour.

Pour le bloc 1492 - 1517 MHz

Question n°40

Quels impacts pourraient avoir respectivement ces niveaux de seuils sur les utilisations potentielles de la bande 1,4 GHz et les déploiements que vous pourriez envisager ?

Réponse à la question n°40

La décision CE 2018/661 (avril 2018), harmonisant l'ensemble de la bande 1427-1517 MHz, prévoit différentes exigences décrites dans des tableaux qui visent à protéger de manière adéquate les services mobiles par satellite :

- Le tableau 1 définit la « PIRE maximale intra bloc par cellule pour les stations de base WBB ECS fonctionnant dans la bande 1 512-1 517 MHz ». Cette valeur de PIRE maximale intra bloc est de 58 dBm / 5MHz ;
- En outre, le tableau 4 définit les "limites de la PIRE hors bande par cellule dans la plage de fréquences 1 518-1 559 MHz pour les stations de base fonctionnant dans la bande de fréquences 1 492-1 517 MHz". Ces limites d'émission de PIRE hors bande sont particulièrement restrictives :
 - -0,8 dBm / MHz pour la bande de fréquences 1518-1520 MHz.
 - -30 dBm / MHz pour la bande de fréquences 1520-1559 MHz.

Nous souhaitons insister sur les deux points suivants que nous considérons comme particulièrement importants :

- Toute limitation plus stricte de la PIRE intra bloc, telle que définie dans le tableau 1, supprimerait tout intérêt pour le service mobile dans les 5MHz supérieurs de la bande.

- Les stations de base ne pourront pas fournir des limites de PIRE hors bande plus basses que celles définies dans le tableau 4 de la décision.

La décision 2018/661 précise que « d'autres mesures nationales peuvent être nécessaires pour mieux protéger les services mobiles par satellite dans la bande de fréquences 1518-1559 MHz ».

Le rapport 299 de l'ECC " Mesures visant à remédier au blocage potentiel des terminaux mobiles satellitaires fonctionnant dans les bandes adjacentes à 1518 MHz (y compris 1525-1559 MHz) dans les ports maritimes et les aéroports " indique que " chaque administration nationale décidera quelles zones ou quels emplacements nécessitent une protection et comment le faire, par exemple en utilisant les options décrites à la section 5 du rapport si elles sont adaptées à leur situation nationale. "

Nous souhaitons attirer l'attention de l'Autorité sur les points suivants :

- Des mesures de protection supplémentaires pour les services MSS autour de certains aéroports ou ports maritimes (par exemple, des limites PFD) pourraient sérieusement limiter et impacter l'utilisation des services mobiles dans tout ou partie de la bande de fréquences 1492-1517 MHz.
- De telles mesures devraient être très limitées dans l'espace (aéroports/ports maritimes spécifiques et uniquement lorsque cela est nécessaire) et dans le temps (courte période de transition) afin de ne pas compromettre l'utilisation des services mobiles dans la bande et d'optimiser l'utilisation du spectre.

L'utilisation de tout ou partie de la bande 1492-1517 MHz par les opérateurs mobiles dépendra des points ci-dessus.

Pour faciliter l'analyse, Huawei recommande au régulateur de pouvoir répondre au plus vite aux questions suivantes :

- Quels sont les aéroports/ports maritimes spécifiques qui nécessitent une protection ?
- Quelles limites PFD sont retenues par la France pour la phase 1/phase 2 ? Et quelle méthode est proposée pour atteindre ces limites PFD (distances de séparation ? bandes de garde ? autres).
- Enfin, le calendrier de remplacement des terminaux MSS nécessitant une protection en France pour permettre l'utilisation de récepteurs MSS avec de meilleures performances alignées sur l'exigence de blocage de -30 dBm demandée par la CEPT pour les stations terrestres mobiles en 2017.

Cette analyse et l'étude associée permettront de définir les conditions adaptées pour éviter le blocage des récepteurs MSS pour atteindre les limites PFD.

Les conclusions doivent être connues rapidement afin de permettre une pleine compréhension des contraintes induites sur le service mobile.

Il est très important de noter que deux exemples de limites de PFD très différentes sont définis dans l'annexe 2 du rapport 299 de l'ECC.

Celles basées sur les mesures de la FCC (tableau 10/11) sont plus raisonnables que celles définies sur la base de certaines mesures de certains fabricants de satellites (tableau 12/13).

Il est important de clarifier quelles limites de PFD sont préconisées en phase 1 et en phase 2 (voir section 5.1 et annexe 2 du rapport ECC 299).

Tout ceci permettra à l'ARCEP dans un deuxième temps de prendre la décision nationale permettant l'utilisation des services mobiles en France dans l'ensemble de la bande de fréquences 1432-1517 MHz.

Question n°41

Les contraintes de déploiements mentionnées ci-dessus constituent-elles un réel frein à l'utilisation des fréquences dans les sous-bandes 1492 - 1517 MHz (en phase 1) et 1502 - 1517 MHz (en phase 2), et par voie de conséquence au souhait de se porter candidat pour obtenir ces fréquences ? Le cas échéant, quelle date de prise en compte des seuils de la phase 2 pourrait être pertinente ?

Réponse à la question n°41

Voici nos remarques sur les différentes contraintes :

- Les limites PFD extrêmement strictes définies dans le tableau 12/13 du rapport 299 de l'ECC pour les phases 1 et 2 (mesures de certains fabricants de satellites) constitueront un véritable obstacle au déploiement à grande échelle de la 4G/5G.
- Les limites PFD définies dans le tableau 10/11 du rapport 299 de l'ECC pour la phase 1 (sur la base des mesures de la FCC) pourraient constituer un obstacle au déploiement de la 4G/5G en fonction du nombre et de l'emplacement des aéroports et des ports maritimes auxquels elles s'appliqueraient et en fonction de la durée de cette phase.
- Les limites PFD définies pour la phase 2 pourraient être viables (en termes de distances de séparation impliquées) si elles sont appliquées à un nombre limité d'aéroports/ports maritimes et si elles sont basées sur les mesures de la FCC (tableau 10/11 du rapport 299 de l'ECC).
- Il est recommandé de ne pas appliquer les limites PFD des tableaux 12/13 et de considérer plutôt le tableau 10 comme une référence possible. Il est recommandé de limiter le nombre d'aéroports/ports maritimes auxquels ces limites sont appliquées. Il est recommandé de limiter la phase 1 au plus tard à 2024/2025.

Autres contraintes : Un nombre réduit de faisceaux hertziens continueront, à titre exceptionnel, d'utiliser la sous-bande 1427 - 1452 MHz même après le 1^{er} janvier 2024.

Question n°42

Cette situation nécessite-t-elle de prévoir des modalités particulières pour assurer la coexistence entre ces faisceaux hertziens et les réseaux mobiles utilisant la bande 1,4 GHz ?
Le cas échéant, quelles pourraient être ces modalités ?

Réponse à la question n°42

L'ARCEP mentionne dans le texte de cette consultation qu'un nombre réduit de faisceaux hertziens continueront, à titre exceptionnel, d'utiliser la sous-bande 1427 - 1452 MHz même après le 1^{er} janvier 2024. Il est important de connaître les localisations/positions de ces liens, les intervalles de fréquences utilisés et leurs caractéristiques techniques dont notamment la largeur de canal afin d'évaluer l'impact de ces FH sur l'utilisation de la bande 1432-1452 MHz pour le haut débit mobile (LTE/5G)

Sur ces bases, une analyse de coexistence en bandes adjacentes entre très haut débit mobile dans les portions de la bande 1432-1452 MHz non utilisées par les FH, et des FH opérant dans la bande 1427-1452MHz devrait être menée au niveau national.

Cependant, il est important de souligner qu'une utilisation en co-canal impliquerait des distances de séparations importantes et/ou une limitation des blocs à utiliser pour la 4G/5G minimisant l'intérêt de l'usage de cette bande par les opérateurs mobile pour le haut débit mobile.

A supposer qu'il reste des faisceaux hertziens, il est donc recommandé de limiter l'usage du service fixe restant à la bande 1427-1432 MHz¹¹ afin de permettre des largeurs de blocs contigus adaptées au haut débit mobile dans la portion 1432-1452MHz et des distances de séparation viables. Une étude de coexistence nationale sur la base des faisceaux hertziens restants dans la bande 1427-1432 MHz devrait être menée afin de confirmer cette approche.

¹¹ Par analogie sur la base d'une étude déjà été réalisée dans le rapport ECC 202 " Out-of-Band emission limits for Mobile/Fixed Communication Networks (MFCN) Supplemental Downlink (SDL) operating in the 1452-1492 MHz band".

Question n°43

Compte tenu des protocoles normalisés, des équipements et terminaux disponibles, quelles sont les bandes de fréquences, actuelles ou à venir, auxquelles la bande 1,4 GHz pourrait être appairée, en fonction de la technologie (4G, 5G ...) et de la sous-bande considérée (bande cœur ou bande complète) ? Veuillez préciser, le cas échéant, le calendrier de disponibilité de ces protocoles, équipements ou terminaux permettant cette utilisation.

Réponse à la question n°43

En termes d'utilisation de la bande L, le 3GPP a défini de nombreuses combinaisons intéressantes, notamment **l'agrégation de porteuses inter bande NR, la double connectivité LTE-NR ou les bandes à duplex Variable.**

Nous énumérons ci-dessous celles qui sont définies aujourd'hui dans les spécifications du 3GPP en nous concentrant sur la partie n75 (1432-1517 MHz). Mais il existe également des combinaisons définies pour la bande 75 du LTE ainsi que pour la bande (1427-1432Mhz). Ce sont des indications importantes qui peuvent donner plus de perspectives aux Opérateurs Mobiles et au régulateur :

- **LTE-NR Double connectivité:** par exemple, configurations EN-DC inter-bandes au sein de FR1 (trois bandes). Cette liste n'est pas exhaustive. Les combinaisons EN-DC avec 4 bandes et plus sont également définies dans le 3GPP (veuillez-vous référer à TS38.101-3) :

EN-DC configuration	Uplink EN-DC configuration (NOTE 1)
DC_1A_n3A-n75A	DC_1A_n3A
DC_1A_n28A-n75A	DC_1A_n28A
DC_1A_n75A-n78A DC_1A_n75A-n78(2A)	DC_1A_n78A
DC_3A_n28A-n75A DC_3C_n28A-n75A	DC_3A_n28A
DC_3A_n75A-n78A	DC_3A_n78A
DC_3A_n75A-n78(2A)	DC_3A_n78A
DC_20A_n8A-n75A	DC_20A_n8A
DC_20A_n28A-n75A	DC_20A_n28A
DC_20A_n75A-n78A	DC_20A_n78A

- **NR Inter-band Carrier aggregation** (veuillez-vous référer à TS38.101-1).

CA_n8-n75 ¹	n8, n75
CA_n20-n75	n20, n75
CA_n28-n75 ²	n28, n75
CA_n75-n78 ¹	n75, n78

- **Variable duplex** (veuillez-vous référer à TS38.101-1)

n92	832 MHz – 862 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	FDD
n94	880 MHz – 915 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	FDD

La disponibilité d'équipements RRU 5G supportant la bande n75 et des combinaisons de porteuses associées (NSA, SA ou variable duplex) ne présente pas de difficulté technique particulière, mais dépend de la demande du marché.

Or à ce jour, la demande pour du matériel n75 est encore très faible. L'arrivée de terminaux n75 sur le marché à court terme pourrait changer ceci. En mode LTE, les 90 MHz ont été introduits en Release 15 via les bandes b75 (1432-1517 MHz) et b76 (1427-1432 MHz). Seul l'appariement avec la bande 800 MHz a été prévu à ce jour (TS36.101v170500). A notre connaissance, il n'existe pas aujourd'hui de terminaux supportant ces bandes LTE.

CA_20-75	20, 75
CA_20-76	20, 76

La sous-bande 1452-1492 MHz est en revanche très largement supportée par l'écosystème et le 3GPP propose de nombreuses combinaisons de 2 à 6 porteuses avec les bandes 700, 800, 1800, 2100 et 2600 MHz (TS36.101v170500).

CA_1-32	1, 32
CA_3-32	3, 32
CA_7-32	7, 32
CA_8-32	8, 32
CA_20-32	20, 32
CA_28-32	28, 32
CA_1-3-32	1, 3, 32
CA_1-7-32	1, 7, 32
CA_1-8-32	1, 8, 32
CA_1-20-32	1, 20, 32
CA_1-28-32	1, 28, 32
CA_3-7-32	3, 7, 32
CA_3-8-32	3, 8, 32
CA_3-20-32	3, 20, 32
CA_3-28-32	3, 28, 32
CA_7-8-32	7, 8, 32
CA_7-20-32	7, 20, 32
CA_7-28-32	7, 28, 32
CA_8-20-32	8, 20, 32
CA_8-28-32	8, 28, 32
CA_20-28-32	20, 28, 32
CA_1-3-7-32	1, 3, 7, 32
CA_1-3-20-32	1, 3, 20, 32
CA_1-3-28-32	1, 3, 28, 32
CA_1-7-8-32	1, 7, 8, 32
CA_1-7-20-32	1, 7, 20, 32
CA_1-7-28-32	1, 7, 28, 32
CA_1-8-20-32	1, 8, 20, 32
CA_1-8-28-32	1, 8, 28, 32
CA_1-20-28-32	1, 20, 28, 32
CA_1-20-28-32	1, 20, 28, 32
CA_3-7-20-32	3, 7, 20, 32
CA_7-8-20-32	7, 8, 20, 32
CA_7-8-28-32	7, 8, 28, 32
CA_7-20-28-32	7, 20, 28, 32
CA_8-20-28-32	8, 20, 28, 32
CA_1-3-7-20-32	1, 3, 7, 20, 32
CA_1-7-8-20-32	1, 7, 8, 20, 32
CA_1-7-8-28-32	1, 7, 8, 28, 32
CA_1-7-20-28-32	1, 7, 20, 28, 32
CA_7-8-20-28-32	7, 8, 20, 28, 32
CA_1-7-8-20-28-32	1, 7, 8, 20, 28, 32

Question n°44

Quels sont les débits envisageables dans cette bande sans agrégation de porteuses ?

Réponse à la question n°44

Le débit pic théorique envisageable pour une porteuse de 20 MHz avec DL MIMO 4x4 et DL 256QAM est similaire aux autres fréquences FDD, soit environ 400 Mbps en 4G et 460 Mbps en 5G.

Question n°45

Compte tenu notamment des possibilités d'agrégation de porteuses permises par les protocoles et équipements actuels et à venir dans cette bande, quelle largeur de bande maximum par canalisation (en MHz) peut être utilisée dans la bande 1,4 GHz, selon la technologie utilisée (4G, 5G ...) ? Le cas échéant, quels sont les schémas d'agrégation intra-bande permis par les standards et à quelle échéance seront-ils disponibles dans les équipements ? Quels débits peuvent être obtenus selon la quantité de fréquences et le schéma d'agrégation utilisés ?

Réponse à la question n°45

Pour la bande LTE n75 et n32, la largeur de bande de canal supportée va jusqu'à 20MHz.

Pour la bande NR n75, il est possible de supporter jusqu'à 50MHz de largeur de bande de canal, avec les différentes largeurs possibles suivantes : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 MHz.

Pour les schémas d'agrégation intra-bande permis par les standards, la réponse à la question 43 décrit les différentes combinaisons d'agrégation de porteuses, et à date les combinaisons du type X-32-32 et Z-75-75 ne sont pas définies par le 3GPP.

Question n°46

Les équipements actuellement disponibles ou à venir permettraient-ils le partage d'installations actives (par exemple via des Multi-Operator Core Networks) dans la bande 1,4 GHz ? Comment s'effectuerait ce partage dans le cas de réseaux déjà mutualisés ? Y aurait-il des difficultés particulières ?

Réponse à la question n°46

Oui. Les équipements à venir dans la bande n75 devraient être utilisables sur l'ensemble des 85 MHz de la bande et devraient supportés au moins 2 porteuses. Leur IBW (Instantaneous Bandwidth) devrait être égale à 85 MHz, ce qui permettrait d'avoir une porteuse en bas de la bande et l'autre en haut de la bande. Ainsi ces équipements devraient permettre le partage actifs

de type MORAN ou MOCN. Nous ne voyons pas de difficulté particulière pour ajouter la bande 1,4 GHz sur des réseaux déjà mutualisés.

Question n°47

Parmi les utilisations listées ci-dessus, pourriez-vous préciser ceux qui vous paraissent les plus pertinents, compte tenu notamment de la nécessité d'appairer cette bande avec une autre bande de fréquences, des technologies disponibles et, le cas échéant, en tant qu'opérateur, de la couverture actuelle ou programmée de votre réseau ?

Réponse à la question n°47

La bande 1,4 GHz présente l'intérêt d'avoir une couverture plus proche de celle des bandes basses 700-800-900 MHz (notamment car elle n'est pas contrainte par l'uplink) tout en ayant une largeur de bande égale à celle des bandes moyennes FDD 1800-2100-2600 MHz. Elle permettra donc d'apporter un surcroît de capacité dans les zones couvertes par les bandes basses. En effet, un opérateur qui disposerait aujourd'hui d'un total de 25 MHz dans les bandes basses, verrait sa capacité downlink disponible sur la zone de couverture quasiment doubler en ajoutant une porteuse de 20 MHz en bande 1,4 GHz.

En conséquence, dans les zones où seules les bandes basses offrent de la couverture aujourd'hui (par exemple rural ou urbain deep indoor), alors la bande 1,4 GHz permettra un fort gain capacitaire downlink et donc une amélioration des débits utilisateurs, qu'ils soient mobiles ou fixes. Dans les zones où la couverture est assurée par les bandes basses et moyennes, la capacité supplémentaire apportée par la bande 1,4 GHz permettra de décharger les autres bandes, notamment les bandes basses, et donc d'améliorer les débits utilisateurs.

Globalement, la bande 1,4 GHz permettra d'augmenter les débits utilisateurs, quel que soit le type d'utilisateur (fixe/mobile) ou sa position (rural/urbain, indoor/outdoor). En revanche, on ne peut pas dire qu'elle permettra d'étendre la couverture.

Enfin, la bande 1,4 GHz sera déployée sur des sites existants. Il ne semble pas pertinent de créer de nouveaux sites pour le 1,4 GHz.

Question n°48

Identifiez-vous d'autres utilisations de cette bande ? Avec quelles technologies ?

Réponse à la question n°48

Non. La bande 1,4 GHz ne devrait pas être dédiée à des usages particuliers. Comme expliqué à la question 47, c'est une bande qui apporte de la capacité là où les réseaux en ont le plus besoin, c'est-à-dire en downlink dans les zones de couverture des bandes basses. La bande 1,4 GHz devrait être vue comme une extension des bandes basses.

Question n°49

Pour chacune de ces utilisations, veuillez préciser la quantité de fréquences de la bande 1,4 GHz qui permettrait de le développer de façon optimale.

Réponse à la question n°49

Quelqu'en soit l'usage, un minimum de 20 MHz par opérateur est optimal. En dessous de cette valeur, le déploiement d'équipements dédiés à cette bande de fréquence devient moins intéressant, tant du point de vue économique que de l'impact environnemental.

Question n°50

Quels compléments à la couverture en très haut débit et notamment en fibre optique jusqu'à l'abonné (FttH) l'utilisation de la bande 1,4 GHz pour des services de 4G/5G fixe pourrait-elle apporter ?

Réponse à la question n°50

De manière générale, les réseaux mobiles présentent un fort intérêt pour compléter le très haut débit grâce au service 4G/5G fixe. La bande 1,4 GHz est particulièrement intéressante de par son compromis entre propagation et capacité dans le sens descendant.

En effet, dans une zone couverte uniquement par 20 MHz de bandes basses (valeur médiane de l'allocation des opérateurs français sur les bandes 700-800-900 MHz après refarming de 5 MHz de 900 MHz en 4G ou 5G), le débit downlink pic maximum atteignable est de 150 Mbps dans la zone (hypothèses : 2T, DL64QAM). En ajoutant 20 MHz 4T de bande 1,4 GHz, le débit downlink pic maximum peut alors atteindre 450 Mbps, soit le triple du débit possible actuel, sur une surface très proche de la couverture des bandes basses.

Néanmoins, l'étude des réseaux mobiles français actuels montre que les fréquences basses sont souvent déjà très chargées, **Il est donc illusoire de penser que la bande 1,4 GHz à elle seule pourra permettre de développer massivement le service 4G/5G fixe.**

La bande 1,4 GHz paraît particulièrement intéressante pour renforcer les réseaux mobiles aussi bien dans les zones plutôt rurales couvertes uniquement avec les bandes basses que dans les zones denses où les bandes basses permettent notamment d'assurer la couverture en indoor.

Mais le déploiement des offres 4G/5G fixe pour compléter efficacement le déploiement fibre optique devra s'appuyer également sur les bandes moyennes 1800 MHz à 3,5 GHz qui amènent beaucoup plus de capacité.

Question n°51

Dans quelle mesure les différentes utilisations susmentionnées sont-elles réalisables de façon pertinente « à réseau constant », c'est-à-dire uniquement en installant de nouveaux équipements sur des sites mobiles déjà existants ou prévus à moyen terme ?

Réponse à la question n°51

Non seulement l'ensemble des usages susmentionnés peuvent être réalisés à réseau constant, mais on peut même affirmer que la bande 1,4 GHz devrait permettre d'éviter de déployer de nouveaux sites partout où la capacité maximale des bandes basses est atteinte et où les bandes moyennes ne permettent pas de couvrir depuis les sites existants.

Question n°52

L'utilisation de la bande 1,4 GHz peut-elle se substituer à l'utilisation d'une bande existante ou s'ajouterait-elle nécessairement aux fréquences que les opérateurs peuvent déjà utiliser ? Favoriserait-elle l'extinction d'une technologie ?

Réponse à la question n°52

Il est improbable qu'un opérateur décide d'éteindre une fréquence existante sur site pour y substituer la bande 1,4 GHz. En revanche la bande 1,4 GHz pourrait être privilégiée sur un site particulier par rapport à une bande existante encore non déployée dans le cadre d'une extension de capacité. Dans ce type de scénario, le choix de la bande à déployer dépend du besoin en couverture et en capacité du site en question, ainsi que de l'écosystème supportant les bandes de fréquences en question.

Il n'y a pas de raisons de penser que la bande 1,4 GHz pourrait favoriser l'extinction d'une technologie.

Question n°53

Le fait que cette bande nécessite d'être appairée afin d'être utilisée favorise-t-il la mise en veille ou l'extinction de ses émetteurs ?

Réponse à la question n°53

A priori non. Le fait que la bande 1,4 GHz soit une bande SDL implique qu'il y a forcément d'autres bandes déployées sur le site radio, mais le choix des bandes à mettre en veille dépendra des zones de couverture respectives, de la capacité résiduelle requise, et de la configuration hardware du site. En effet il peut être plus pertinent d'éteindre complètement un module RF que la moitié des bandes d'un module multi-bande.

Question n°54

Estimez-vous pertinent d'attribuer simultanément l'intégralité des fréquences de la bande 1,4 GHz ? Quand souhaiteriez-vous disposer des fréquences de cette bande ?

Réponse à la question n°54

Différents principes généraux pour une bonne utilisation des fréquences et une approche optimisée en termes d'impacts environnementaux s'appliquent logiquement à l'ensemble de la bande de fréquences 1432-1517 MHz :

- Une plus grande largeur de bande pour un opérateur permet une plus grande capacité de son réseau mobile, des débits utilisateurs plus importants et donc une meilleure qualité de service fournie, une meilleure efficacité spectrale, ainsi qu'une meilleure efficacité énergétique.
- Toujours pour permettre une meilleure efficacité spectrale et énergétique, une meilleure qualité de service pour les utilisateurs, les fréquences attribuées à chaque opérateur doivent être contiguës.

Ainsi le schéma cible de l'attribution de la bande 1,4 GHz devrait consister à allouer aux opérateurs mobiles l'ensemble des 85 MHz de cette bande pour les services mobiles, avec des fréquences contiguës pour chacun d'entre eux.

De plus, même à supposer que des étapes intermédiaires soient nécessaires pour atteindre ce schéma cible en termes de fréquences utilisables pour les services mobiles et de zones géographiques de coordination où d'autres services devraient être protégés temporairement, **il est nécessaire que les opérateurs mobiles et leurs fournisseurs et intégrateurs aient la pleine visibilité dès le début de ces contraintes afin de permettre de déployer les bonnes solutions techniques et de prévoir et réaliser les investissements nécessaires** afin de parvenir au schéma cible.

Il nous paraît nécessaire que l'autorité précise tous ces éléments contextuels importants afin d'appréhender les éventuelles étapes intermédiaires pour parvenir au schéma cible des services mobiles sur l'ensemble des 85 MHz.

Ces éléments contextuels importants, comprennent notamment ceux relatifs au Service fixe et les mesures envisagées pour la protection adéquate des services mobiles par satellite dont des conditions adaptées pour éviter le blocage des récepteurs MSS.

Service fixe dans la bande (faisceaux hertziens)

Si des faisceaux hertziens continuaient à utiliser la bande de fréquences 1427-1452 MHz, alors le tableau 5 de la décision EU 2018/661 s'appliquerait qui stipule les limites de PIRE hors bande en dessous de 1452 MHz des stations de base opérant dans la bande 1452-1492 MHz.

Or ces valeurs ne sont pas atteignables par un RRU couvrant l'ensemble de la bande n75 (1432-1517 MHz) et qui serait utilisé uniquement sur la bande 1452-1492 MHz. Ainsi, un opérateur, qui voudrait utiliser un RRU n75 pour des services mobiles dans 1452-1492 MHz avec des faisceaux hertziens dans la bande de fréquences 1427-1452 MHz serait contraint d'ajouter des filtres externes sur ses RRU n75 pour être conforme aux valeurs du tableau 5 de la décision EU

2018/661. Au-delà du fait que ce type de filtre n'existe pas sur le marché à ce jour, le surcoût en termes de matériel et d'opération de l'ajout temporaire ou permanent de tels filtres sur des RRU n75 aurait probablement des conséquences négatives sur le déploiement de la bande 1,4 GHz.

Ainsi, nous espérons que l'ARCEP pourra confirmer que les faisceaux hertziens auront disparu de la bande de fréquences 1427-1452 MHz¹², afin de permettre de déployer un RRU bande n75 sans filtre externes.

Mesures envisagées pour la protection adéquate des services mobiles par satellite

Voir réponse à la question n°40 à ce sujet.

En particulier, nous recommandons que des limites de PFD raisonnables soient définies ainsi que des conditions adaptées pour éviter le blocage des récepteurs MSS.

Nous appelons de nos souhaits la communication par l'ARCEP des éléments contextuels importants, ainsi que des conditions techniques adaptées permettant l'implémentation du schéma cible de 85 MHz pour les services mobiles dans la bande 1,4 GHz.

Question n°55

En tant qu'opérateur, quelle quantité de fréquences de la bande 1,4 GHz souhaiteriez-vous être autorisés à utiliser ? Avez-vous une préférence sur le positionnement de ces fréquences au sein de cette bande ?

Réponse à la question n°55

Pas de réponse.

Question n°56

Quels sont d'après vous les avantages et inconvénients de ces deux options ? Avez-vous une préférence pour l'une d'entre elles ? Pour quelles raisons ? En voyez-vous d'autres ? Concernant la première option, quelle serait la taille pertinente des blocs à attribuer ? Dans le cas de la seconde option, quelles seraient, d'après vous, les obligations qu'il serait nécessaire d'introduire, notamment en matière d'accueil des autres opérateurs ?

Réponse à la question n°56

Comme expliqué précédemment, la bande 1,4 GHz présente un intérêt dans toutes les zones où les bandes moyennes ont du mal à couvrir et où les bandes basses sont très sollicitées en terme de capacité. Ces zones incluent évidemment les zones rurales mais aussi les zones indoor ou deep indoor des zones urbaines. De plus, même si la bande 1,4 GHz peut améliorer le service

¹² Ou éventuellement que les faisceaux hertziens restants se trouveront dans 1427-1432 MHz : voir réponse à la question n°42

fixe 4G/5G, elle ne devrait pas être dédiée à cet usage et aura un rôle à jouer pour l'ensemble des services et usages Mobiles.

En conséquence, on peut raisonnablement considérer qu'un opérateur disposant de fréquences dans la bande 1,4 GHz sera amené à les déployer partout en France. C'est pourquoi la seconde option ne nous semble pas pertinente. Il sera en effet difficile de définir une séparation géographique entre les zones mutualisées et non mutualisées.

2.4.2.2 La bande 24,25 - 27,5 GHz (dite 26 GHz)

Question n°57

Quels sont les cas d'usages que vous attendez avec cette bande de fréquences ? Identifiez-vous des freins à leur déploiement ?

Réponse à la question n°57

Le rapport de l'ITU-R M.2410 a notamment précisé pour le « large bande mobile évolué » la performance minimum du débit crête dans le sens descendant de 20 Gbit/s et dans le sens montant de 10 Gbit/s.

Les performances attendues de la 5G nécessitent donc la bande pionnière 26 GHz en plus de la bande 3400-3800 MHz en combinaison avec des fréquences plus basses déjà licenciées, notamment dans les zones nécessitant une très grande capacité.

Les usages attendus sont constitués par les services suivants:

- Le large bande mobile évolué pour des zones à très fort trafic (hot spots), comme les centres des villes ou villages, places importantes, stades, zones d'activité professionnelle ou touristique, événements extérieurs spéciaux avec des déploiements outdoor sur des sites macros existants et des sites « small cells », ou des déploiements indoor comme les centres commerciaux, centres de formations, musées, centres logistiques, bâtiments administratifs, gares, aéroports, locaux d'entreprise, cafés, restaurants, hôtels, hôpitaux ...
- Communications ultra-fiables à faible latence, en particulier pour les applications industrielles ou dites verticales. La mise en œuvre du « network slicing » par les opérateurs mobiles permettra ce type de services. La réalité augmentée pourra être par exemple utilisée pour guider des équipes opérationnelles dans des opérations complexes nécessitant de l'aide en temps réel (maintenance de systèmes industriels, câblage électrique, soudage de tuyauteries complexes, E-santé ...).
- Accès fixe pour les clients résidentiels et les entreprises avec des CPEs (Customer Premises Equipment = Modem) déployés en outdoor.

Un des challenges de cette bande de fréquences est constitué par les différents cas de scénarios de déploiement à considérer par l'opérateur :

- Déploiement en visée directe (Line of Sight) : c'est le cas idéal pour de telles fréquences.
- Multiples réflexions augmentant les signaux outdoors pour des rues et places : c'est également un bon scénario pour ces fréquences

- Situations proches de la visée directe (near Line of Sight), avec des obstacles comme du feuillage ou de la couverture juste derrière des vitres (mais pas d'indoor profond) : ce sont des scénarios encore acceptables, mais présentant des pertes de pénétrations.
- Scénarios difficiles, voire impossibles : traversée de mur en béton, de mur avec des structures métalliques. De plus, la diffraction sur des bâtiments entraîne des pertes importantes et est peu favorable pour des déploiements dans cette bande de fréquences.

De plus, la couverture et la pénétration de cette bande de fréquences sont réduites par rapport aux bandes basses et intermédiaires.

Actuellement, à notre connaissance, les terminaux disponibles commercialement sont NSA.

Si des challenges existent bien pour le déploiement de cette bande de fréquences, elle bénéficie d'une très grande largeur de bande permettant des débits et capacités importants qui la rendent attractive si suffisamment de spectre est alloué à l'opérateur nationalement.

Question n°58

Quelle largeur de bande minimum vous semble pertinente pour exploiter un réseau mobile et fournir les usages que permet cette bande de fréquences ?

Réponse à la question n°58

L'analyse de la quantité de fréquences est liée au type de déploiement en outdoor et l'utilisation de la bande 26 GHz. Voici les deux approches possibles (qui en pratique se combineront) :

- Un déploiement du 26 GHz sur des sites macros (en plus de la bande 3400-3800 MHz) dans une zone très dense déjà couverte par des sites radio proches : une analyse sur la base de densité de débit est intéressante.
- Une vision plus « small cell » du 26 GHz avec des sites macro 5G utilisant la bande 3400-3800 MHz : une analyse sur les débits pics est là intéressante.

En terme de densité de débit (débit par surface), et en prenant comme base la densité de débit atteinte avec 100 MHz dans la bande 3400-3800MHz (référence utilisée), il est possible d'atteindre dans la bande 26 GHz :

- Environ 40% de cette référence de débit par surface avec une canalisation de 200 MHz.
- Environ 90% de cette référence de débit par surface avec une canalisation de 400 MHz.
- Environ 180% de cette référence avec 800 MHz (deux canaux de 400 MHz).

En terme de débit pic (26 GHz avec 256 QAM), et en prenant comme base le débit pic atteint avec 100 MHz dans la bande 3400-3800MHz avec 64 QAM (référence utilisée= 1,13 Gbps) dans le sens descendant, il est possible d'atteindre dans la bande 26 GHz :

- Environ 3 fois plus de débit pic avec 200 MHz.
- 6 fois plus de débit pic 400 MHz.
- 12 fois plus de débit pic avec 800 MHz (deux canaux de 400 MHz).

Sur la base de ces deux critères, on peut en conclure que :

En déploiement small cell outdoor, déjà 200 MHz ont un intérêt important pour un opérateur mobile.

- En déploiement sur des sites macro, 400 à 500 MHz semblent être requis pour doubler environ la capacité 5G du site macro (dans une zone à fort trafic).
- 800 MHz à 1 GHz permettent de tripler environ la capacité macro 5G du site radio (dans une zone à fort trafic) et d'obtenir des débits pics très importants (plus de 13 Gbps dans le sens descendant).

Un critère supplémentaire important à prendre en compte est la réduction de l'impact environnemental des réseaux et plus généralement la promotion d'un numérique soutenable (voir les réponses aux questions N°29 et N°31).

Pour une même bande de fréquences, une plus grande largeur de bande allouée à l'opérateur pour ses stations de base, va permettre plus de capacité. Ce surplus de capacité va permettre, d'une part de réduire le nombre de sites radios pour cette bande de fréquences, et aussi d'autre part d'obtenir une meilleure efficacité énergétique.

De plus, pour de meilleures performances, et également afin de tenir compte de la largeur limitée de bande de fréquences supportée par une station de base dans une configuration activée opérationnellement, le spectre devra être contigu pour chaque opérateur.

Comme il devrait être possible (et souhaitable) de réaménager la bande de fréquences 26 GHz, un opérateur pourra débiter avec 200 MHz, pour avoir dans un deuxième temps un minimum total de 400 à 500 MHz de spectre contigu sachant que 800 MHz à 1 GHz contigus fournissent des performances largement plus élevées (permettant également une décroissance du coût du Mbps 5G et un impact environnemental réduit).

Suivant les étapes de disponibilité du spectre pour les services mobiles, les stations de base seront ainsi reconfigurées afin de permettre aux opérateurs mobiles de disposer de plus de spectre pour leurs services.

Question n°59

Cette bande de fréquences peut-elle être déployée dans un réseau sans que d'autres bandes de fréquences plus basses (bandes d'ancrage) soient utilisées par ce même réseau ? Si non, pourquoi et quelles autres bandes de fréquences seraient nécessaires, en 5G NSA et 5G SA ?

Réponse à la question n°59

La bande millimétrique 26G est standardisée pour fonctionner en 5G Stand Alone ou en 5G Non Stand Alone et les équipements radio l'implémentent déjà.

Cas 5G Non Stand Alone:

Une fréquence d'ancrage LTE est obligatoire. Cette fréquence d'ancrage LTE est aujourd'hui une fréquence plus basse que la bande de fréquences 26GHz.

Cas 5G Stand Alone:

Il est tout à fait possible de déployer la bande de fréquences 26GHz sans autre bande de fréquence plus basse.

Néanmoins, il faut noter que les contraintes liées à la propagation radio limitée et vulnérable aux obstacles, inhérentes à cette bande 26G, ne permettent que difficilement d'offrir une continuité de couverture. En fonction des objectifs et usages recherchés, en complément du déploiement 26G, l'opérateur pourra s'appuyer sur une fréquence plus basse assurant cette continuité de couverture.

Ainsi, il s'il y a nécessité d'une continuité de service sur une zone à couvrir pouvant difficilement être couverte par la bande 26GHz seule, l'opérateur sera amené à s'appuyer sur une couverture initiale basée sur une bande de fréquences plus basses que la bande de fréquences 26GHz (par exemple bande 3,5GHz). S'il n'y a pas de nécessité de continuité de service sur la zone à couvrir (exemple : simple hot spot), la bande 26GHz peut tout à fait être déployée seule.

A noter que d'une manière générale, l'écosystème des terminaux mobiles supportant la bande millimétriques Stand Alone n'est pas encore développé à ce jour.

Question n°60

A quel horizon souhaitez-vous voir l'attribution de cette bande de fréquences ? A court/moyen terme, l'attribution de la sous-bande comprise entre 26,5 et 27,5 GHz vous semble-t-elle suffisante pour assurer les cas d'usages que vous avez identifiés ?

Réponse à la question n°60

Afin de bénéficier de la valeur ajoutée de la bande 26 GHz, la partie disponible de la bande de fréquences (sous-bande 26,5-27,5 GHz) devrait être allouée par l'Autorité aux opérateurs mobiles dans un premier temps.

Mais comme indiqué dans la réponse à la question 58, un opérateur mobile pourra commencer avec 200 MHz de largeur de bande, mais le schéma cible devrait lui permettre d'utiliser au minimum 400-500 MHz, voire idéalement 800 MHz de spectre contigu afin de bénéficier des performances (capacité, débit) requises tout en minimisant les impacts environnementaux dans le cadre d'un numérique soutenable.

Cela montre que si une allocation initiale dans un premier temps de la sous-bande 26,5-27,5 GHz présente un réel intérêt, il est important de prévoir un schéma cible permettant d'augmenter la largeur de bande disponible d'un opérateur mobile, avec des fréquences contiguës et cela pour utiliser au mieux les stations de base.

Sur la base d'un schéma cible opérationnel d'au moins 400 à 500 MHz de spectre pour un opérateur mobile, une quantité d'au moins 2 GHz de spectre contigu comprenant la sous-partie 26,5-27,5 GHz devrait être attribuée nationalement aux opérateurs mobiles, ceux n'utilisant opérationnellement que cette sous-partie de fréquences dans un premier temps.

Dans un deuxième temps, et avec le recul nécessaire, en tenant compte du planning de migration des FH et des besoins dans la bande 26 GHz à ce moment-là, le reste de la bande pourra être attribuée avec le schéma le plus adapté.

Question n°61

Partagez-vous le constat lié aux difficultés de cohabitation entre les services mobiles et les faisceaux hertziens présents dans la sous-bande comprise entre 24,25 et 26,5 GHz ?

Réponse à la question n°61

La cohabitation entre les services mobiles et le service fixe (faisceaux hertziens) doivent être analysés suivant différentes approches pour la séparation de ces services.

Le rapport ECC 303, dit "boîte à outils"¹³, examine différentes approches décrites ci-dessous afin de gérer la coexistence dans le même canal ou dans des canaux adjacents entre d'une part les systèmes 5G dans l'hypothèse d'un cadre d'autorisation individuelle, et d'autre part le service fixe (faisceaux hertziens) à 26 GHz :

- Séparation dans l'espace :
 - Distance de protection au sein d'une même zone (par exemple, une ville) ;
 - Séparation géographique entre les zones de déploiement des systèmes 5G et du service fixe (faisceaux hertziens)
 - Isolement entre la 5G dans des bâtiments et les sites extérieurs du service fixe (faisceaux hertziens).
- Séparation en fréquence
 - Plage de fréquences adjacentes
 - Bande de garde.
- Séparation en angle

La « boîte à outils » montre que même dans le cas le plus favorable d'un déploiement urbain avec beaucoup de pertes de bâti avec une station de base 5G à faible hauteur (6 m) et les faisceaux hertziens au-dessus du toit, une distance de protection de l'ordre de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres serait nécessaire pour la coexistence dans le même canal, ce qui, dans le cas de déploiements denses de systèmes 5G et faisceaux hertziens, rendrait la coexistence complexe à implémenter sans d'autres techniques de mitigation.

Toujours en co-canal, hors autres techniques spécifiques de mitigation, la « boîte à outils » montre que pour des cas en suburbain ou espaces ouverts, des distances de séparation plus importantes sont nécessaires comme indiqué par l'ARCEP, et qui dépendent des hypothèses prises pour l'étude.

La coordination en angle nécessite de connaître les données pertinentes des stations de base 5G et des services fixes, telles que la position, la porteuse, la hauteur de l'antenne et son pointage. La planification et le déploiement du réseau 5G doivent tenir compte du spectre

¹³ ECC Report 303, Guidance to administrations for Coexistence between 5G and Fixed Links in the 26 GHz band ("Toolbox")

disponible localement et prévoir une coordination entre les deux services, qui est sans doute complexe à implémenter.

Ainsi, nous partageons le constat lié aux difficultés de cohabitation entre les services mobiles et les faisceaux hertziens présents dans la sous-bande comprise entre 24,25 et 26,5 GHz dans le cas co-canal.

Par contre, la situation de coexistence pour les scénarios de canaux adjacents s'améliore considérablement et est encore meilleure pour les scénarios avec bande de garde.

Dans tous les cas, les méthodes de mise en œuvre de la coexistence entre les stations de base 5G et les faisceaux hertziens dans la bande 26 GHz ont des implications opérationnelles importantes sur les deux services pour les opérateurs mobiles qui doivent être prises en compte avec eux dans l'évaluation des différents scénarios de coexistence réalisables et réalistes.

Question n°62

Que pensez-vous du calendrier actuel de libération des faisceaux hertziens occupant actuellement la bande décrit ci-dessus ? Quel serait un délai raisonnable pour faire migrer les faisceaux hertziens de la bande ? Estimez-vous l'échéance de libération pertinente, et si non, quelles échéances vous paraîtraient souhaitables ? Pensez-vous que des conditions spécifiques à cette bande de fréquences doivent être envisagées pour cette libération ?

Réponse à la question n°62

Le planning exact de migration des faisceaux hertziens de la bande 26 GHz est à construire avec les opérateurs mobiles afin de tenir compte des différentes contraintes opérationnelles afin de notamment assurer la continuité du service des réseaux de collecte utilisant encore à ce jour des faisceaux hertziens dans cette bande de fréquences.

Afin de permettre une utilisation de la bande 26 GHz sur l'ensemble de sa largeur de bande dans les zones urbaines, le planning de migration des faisceaux hertziens de la bande 26 GHz devrait logiquement prioriser cette migration dans ces zones.

Question n°63

Quels scénarios de cohabitation entre le service fixe par satellite et le service mobile seraient envisageables ?

Réponse à la question n°63

Le cadre réglementaire national de la bande de fréquences 26 GHz devrait protéger les investissements dans les futurs réseaux 5G dans la cette bande de fréquences. Nous recommandons donc que les futures stations terriennes du SFS (Service Fixe par Satellite) fonctionnant dans la bande 24,65-25,5 GHz tiennent compte de l'infrastructure 5G existante utilisant la bande de fréquences 26 GHz. La recommandation ECC (20)01 peut servir de guide pour prendre en compte les besoins du SFS dans le cadre réglementaire national 26 GHz.

La bande 26 GHz est également utilisée par d'autres services par satellite, à savoir les stations terriennes de réception du SETS (Service d'exploration de la Terre par satellite) et du SRS (Service de Recherche Spatial) fonctionnant dans la bande 25,5-27 GHz. Nous recommandons que les stations terriennes de réception SETS/SRS existantes et prévues dans la bande 26 GHz ne restreignent pas indûment l'introduction et le développement de la 5G dans la bande 26 GHz. La recommandation (19)01 de l'ECC peut servir de guide pour prendre en compte les besoins du SETS/SRS dans l'élaboration du cadre réglementaire national de la bande de fréquences 26 GHz.

Question n°64

Quelles modalités géographiques d'attribution de la bande 26 GHz vous semblent pertinentes ? Pourquoi ? Dans les différents cas, quelles devraient être les largeurs de bandes attribuées ?

Réponse à la question n°64

Différents éléments nous apparaissent clés pour assurer le succès du lancement de la bande 26 GHz, malgré différents challenges inhérents à cette bande de fréquences (voir réponse à la question N°57).

Un premier, développé dans les réponses précédentes est qu'au moins 2 GHz au total soient garantis aux opérateurs mobiles avec des autorisations individuelles, et cela dès le lancement de la bande 26 GHz.

Un deuxième élément qui nous paraît clé est qu'au lancement de la bande 26 GHz ces autorisations individuelles soient nationales.

Différents arguments nous semblent aller dans ce sens :

- Permettre l'effet d'échelle nécessaire, et l'attractivité de la bande en évitant notamment la complexité de demandes multiples de licences locales.
- Une phase transitoire de plusieurs années sera nécessaire avec des services fixes dans la bande 26 GHz qui devront être protégés dans l'ensemble du pays: seules des licences nationales sous le régime d'autorisation individuelle pourront garantir cette protection, en

bénéficiant de l'expérience et expertise des opérateurs mobiles aussi bien pour les services mobiles que les services fixes (faisceaux hertziens) qu'ils opèrent aussi.

- Même si la bande 26 GHz ne devrait pas être déployée pour fournir une couverture continue, elle devrait être déployée dans de nombreux types variés¹⁴ de zones par les opérateurs mobiles pour lesquelles des licences nationales sont les plus adaptées.

Puis, dans un deuxième temps, et avec le recul nécessaire, en tenant compte du planning de migration des FH et des besoins dans la bande 26 GHz à ce moment-là, le reste de la bande pourra être attribuée avec le schéma le plus adapté.

2.4.2.3 La bande 3410 - 3490 MHz (bas de la bande 3,5 GHz)

Question n°65

Compte tenu des éléments ci-dessus, quel calendrier d'attribution vous paraît le plus pertinent ?

Réponse à la question n°65

La bande de fréquences 3,4-3,8 GHz a été harmonisée en Europe pour un usage mobile comme indiqué par l'ARCEP dans cette consultation. Dans ce cadre, nous pensons que la solution la plus pertinente est l'attribution de l'ensemble de la bande de fréquences 3420-3800 MHz pour les opérateurs mobiles avec une bande de garde de 20 MHz (3400-3420 MHz), avec un réaménagement des fréquences afin d'assurer des fréquences contiguës à chacun des opérateurs mobiles (voir réponses aux questions suivantes n°66,67,68 et 69) qui conserveraient la même position dans la bande.

Afin de bénéficier des avantages de cette solution aussi bien pour les utilisateurs (plus de débit et QOS), que les opérateurs mobiles (plus de capacité des réseaux mobiles), et de la meilleure gestion des fréquences et efficacité énergétique, il faudrait que les opérateurs mobiles puissent utiliser ces fréquences dès qu'elles sont disponibles, soit le 25 juillet 2026.

Nous souhaiterions aussi attirer l'attention de l'Autorité sur un autre point qui nous paraît important : dans la mesure où cette solution optimisée nécessite un réaménagement de la bande de fréquences, dont une définition précise de la bande de garde en bas de la bande, **il est nécessaire de confirmer au plus vite les éléments structurants techniques de cette solution (bande de garde, fréquences contiguës, conservation des positions de opérateurs mobiles dans la bande) afin que l'ensemble des acteurs (opérateurs, fournisseurs d'équipements) puissent se préparer au plus vite afin d'implémenter les avantages de la solution dans de bonnes conditions.**

¹⁴ Comme par exemple les centres des villes ou villages, places importantes, stades, zones d'activité professionnelle ou touristique, parcs d'attraction, événements extérieurs spéciaux comme festivals, musées, centres logistiques, bâtiments administratifs, gares, aéroports, locaux d'entreprise, usines ...

Question n°66

Quelle bande de garde sera nécessaire pour que les équipements 5G soient en mesure de respecter le niveau de puissance défini par la CEPT tout en assurant la coexistence avec les radars du ministère des armées utilisant les fréquences sous 3,4 GHz ? À quel horizon voyez-vous la possibilité d'utiliser une bande de garde plus faible ?

Réponse à la question n°66

Le rapport 67¹⁵ de la CEPT précise que "It is noted that, for AAS base stations, manufacturers have indicated that the power limit of -52 dBm/MHz would imply, under current technology, approximately 20 MHz frequency separation between the block edge and 3400 MHz."

Cette séparation de 20 MHz indiquée par le rapport 67 nous apparaît encore nécessaire, et afin d'éclaircir cette réponse, nous aimerions porter à la connaissance de l'Autorité les éléments suivants.

D'une part, nous constatons que les déploiements et équipements 5G que nous fournissons pour un déploiement macro s'appuient exclusivement sur des systèmes AAS, car seuls ces systèmes permettent d'implémenter les performances attendues de la 5G.

D'autre part, bien que techniquement faisable, les solutions techniques AAS qui permettraient de supporter des séparations plus faibles (comme 10 MHz) tout en étant compatibles avec les niveaux de puissances maximales définis par la CEPT s'appuieraient sur des filtres spécifiques beaucoup plus coûteux, de taille et de poids supérieurs aux solutions actuelles, et présenteraient donc une empreinte carbone supérieure dès la phase de production de l'équipement.

Pour ces différentes raisons, nous recommandons une bande de garde de 20 MHz pour la 5G.

Question n°67

Concernant la première option, quel(s) usage(s) justifierai(en)t l'utilisation d'une quantité de fréquences supérieure à 100 MHz dans la bande 3,4 - 3,8 GHz ? Les équipements actuels permettent-ils l'utilisation de blocs de fréquences non contigus dans cette bande ? Si ce n'est pas le cas, à quelle échéance serait-ce possible ? Un réaménagement de la bande serait-il nécessaire ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°67

Sur la base d'une bande de garde de 20 MHz (voir réponse à la question précédente), la première option décrite consiste à allouer la plage de fréquences 3420-3490MHz à l'échelle du territoire

¹⁵ En réponse au mandat de la Commission Européenne pour définir les conditions techniques harmonisées d'utilisation du spectre en vue de l'introduction, dans l'Union, de la prochaine génération (5G) des systèmes sans fil de Terre dans les bandes de fréquences 3 400-3 800 MHz et 24,25-27,5 GHz, la CEPT a publié, le 9 juillet 2018 le rapport no 67 qui expose ces conditions techniques harmonisées.

métropolitain, et cela dans la continuité des attributions du reste de la bande 3,4 - 3,8 GHz en métropole.

La question posée consiste à analyser la faisabilité technique de la réutilisation des stations de base déjà déployées, et également de définir les principes d'une solution optimale pour l'ensemble des opérateurs afin de répartir les 70 MHz restants dans la bande de fréquences 3,4-3,8 GHz.

Aussi bien en termes de faisabilité technique, que pour définir une solution optimale pour l'ensemble des opérateurs, nous recommandons que l'ensemble des fréquences qui leurs soient allouées leur permettent des blocs fréquences contigües dans l'ensemble de la bande 3420-3800 MHz pour les raisons suivantes :

- Suivant la position des opérateurs, et sur la base de notre compréhension de la largeur de la bande des matériels déjà déployés, des stations de base ne pourront pas supporter à la fois les fréquences déjà allouées aux opérateurs mobiles et des nouvelles fréquences dans les 70 MHz nouvellement attribuées. Ceci nécessiterait alors le déploiement d'équipements radio supplémentaires, avec un surcoût économique pour l'opérateur, ainsi qu'un surcroît d'impact environnemental.
- Dans la mesure où l'opérateur dispose au total d'au plus 100 MHz, des blocs de fréquences contigus présentent l'avantage d'éviter l'agrégation de porteuses qui serait nécessaire dans le cas de spectre fragmenté fournissant ainsi :
 - une meilleure efficacité en termes de performance, et donc une meilleure efficacité spectrale, car plus de débit pour les utilisateurs est possible en évitant l'émission des canaux communs d'une porteuse, et de la signalisation supplémentaire pour ces deux canaux ;
 - une meilleure efficacité énergétique car l'émission d'une deuxième porteuse est évitée.
- De plus, la fragmentation du spectre impliquant un plus grand nombre de porteuses est un frein à la mutualisation des stations de base entre opérateurs car un équipement est limité en nombre de porteuses.

Il faudrait donc logiquement réaménager la bande de fréquences en conservant la position de chaque opérateur dans la bande pour une solution optimale dans l'ensemble de la bande de fréquences.

Plus de 100 MHz sont utilisables par une même station de base, mais nécessitant de l'agrégation de porteuses, avec les inconvénients en terme de performances et d'efficacité énergétique décrits précédemment.

Question n°68

Concernant la deuxième option, quelle serait la granularité minimale de fréquences à attribuer par titulaire ? Quelles modalités de coexistence entre les différents titulaires d'autorisation de fréquences dans la bande 3,4 – 3,8 GHz faudrait-il mettre en place ?

Réponse à la question n°68

Une analyse technique montre que la première option permet une meilleure utilisation des fréquences ainsi qu'un impact environnemental réduit par rapport à la deuxième option (voir réponse à la question suivante). Cette deuxième option ne nous paraît donc pas souhaitable.

Nous souhaitons également souligner que la bande de fréquences 3,8-4,2 GHz est en cours d'harmonisation par la CEPT pour des licences locales. Sur la base de ces conditions techniques harmonisées, des décisions par l'Autorité seront prises dans le futur au niveau national en donnant lieu à de nouvelles consultations publiques.

Pour ces consultations publiques à venir, la question posée ici nous paraît alors pleinement applicable afin de préciser le futur cadre réglementaire en France pour la nouvelle bande de fréquences 3,8-4,2 GHz.

Question n°69

Quelle option, parmi celles présentées ci-dessus, estimez-vous la plus pertinente ? Pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°69

Sur la base d'une bande de garde de 20 MHz (voir réponse à la question n°66), la première option décrite consiste à allouer la plage de fréquences 3420-3490MHz à l'échelle du territoire métropolitain, et cela dans la continuité des attributions du reste de la bande 3,4 - 3,8 GHz en métropole.

Cette option permet aux opérateurs mobiles de disposer de l'ensemble de la bande de fréquences 3420-3800 MHz.

Dans la mesure où ces fréquences sont réaménagées en conservant la position des opérateurs mobiles dans la bande et en permettant des fréquences contiguës pour chacun d'entre eux, cette première option a les avantages techniques suivants sur la deuxième :

- Permettre une utilisation plus efficace des fréquences : une plus grande largeur de bande de fréquences contiguës pour les stations de base va permettre plus de capacité, de débit et qualité de service, ainsi qu'une meilleure efficacité spectrale qu'avec la deuxième option où le spectre se retrouve émietté.
- Une empreinte environnementale optimisée : l'empreinte environnementale de la première option est inférieure à la deuxième pour les raisons suivantes :

- Dans la première option, les mêmes stations de base gèrent l'ensemble de la plage de fréquences 3420-3800 MHz dont notamment les 70 MHz nouvellement attribués. La minimisation du nombre total de canaux communs émis par ces stations de base permet de réduire la consommation électrique par rapport à la deuxième solution. L'efficacité énergétique de la première option est meilleure qu'avec la deuxième où le spectre est fragmenté.
- La deuxième option amène aussi un carbone incorporé plus important (phase de fabrication), puisque de nouvelles stations de base vont devoir être déployées pour gérer un spectre fragmenté.

D'autre part, dans le futur, et sur la base des conditions techniques harmonisées qui seront définies par la CEPT, la bande de fréquences 3,8-4,2 GHz permettra de répondre à la demande de licences locales dans la bande C, rendant la deuxième option redondante.

En résumé, la première option nous paraît la plus pertinente afin de permettre une meilleure utilisation des fréquences de l'ensemble de la bande de fréquences 3420-3800 MHz, une empreinte environnementale optimisée et sachant que la bande de fréquences 3,8-4,2 GHz permettra dans le futur de répondre aux attentes de licences locales dans la bande C rendant la deuxième option redondante.

2.4.2.4 La bande 2,1 GHz FDD (attribution des bandes de garde)

Question n°70

Souhaitez-vous obtenir des fréquences dans les sous-bandes 1920 - 1920,5 MHz et 1979,7 - 1980 MHz ? Si oui, quelle quantité ? Quelle technologie utiliseriez-vous avec ces fréquences ? Un réaménagement de la bande serait-il nécessaire ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°70

Comme indiqué par l'Autorité, la décision (UE) 2020/667 en date du 6 mai 2020 harmonisant les conditions d'utilisation des fréquences dans la bande 2,1 GHz permet la suppression de la bande de garde de 300 kHz aux limites de fréquences inférieure et supérieure du plan de fréquences

Afin de disposer de plus de spectre utile pour les communications électroniques et d'améliorer ainsi leur qualité de service, nous soutenons pleinement la suppression de ces bandes de garde et donc l'attribution des sous-bandes 1920 - 1920,5 MHz et 1979,7 - 1980 MHz avec leur duplex respectifs, 2110 - 2110,5 MHz et 2169,7 - 2170 MHz.

Nous souhaiterions également apporter une précision importante sur le plan de fréquences de la bande 2,1 GHz FDD dans le cadre de la future décision de l'Autorité.

La décision (UE) 2020/667 précise les éléments suivant pour la taille des blocs :

- La taille des blocs assignés est un multiple de 5 MHz. La limite de fréquence inférieure d'un bloc assigné dans la bande inférieure 1 920-1 980 MHz est alignée sur le bord inférieur de la bande de 1 920 MHz ou espacée de celui-ci d'un multiple de 5 MHz. La limite de fréquence inférieure d'un bloc assigné dans la bande supérieure 2 110-2 170 MHz est alignée sur le bord inférieur de la bande de 2 110 MHz ou espacée de celui-ci d'un multiple de 5 MHz. Un bloc assigné peut également avoir une taille comprise entre 4,8 et 5 MHz, pour autant qu'il corresponde aux limites d'un bloc de 5 MHz telles que définies ci-dessus.

Dans le cadre de la suppression de bandes de garde, et de l'allocation du spectre correspondant susmentionné, la taille des blocs alloués aux opérateurs doit être un multiple de 5 MHz.

Ce spectre doit logiquement être alloué d'une façon contiguë à chaque opérateur afin de garantir les meilleures performances et procédures de réallocation les plus simples possibles.

Ainsi, nous sommes favorables à la suppression de ces bandes de garde afin de permettre aux opérateurs mobiles en France de disposer de plus de spectre contigu utile (en multiple de 5 MHz) pour les communications électroniques.

Par conséquent, il nous paraît opportun de réallouer ces bandes de garde aux opérateurs mobiles en élargissant leurs spectres avec des opérations de réaménagement à coordonner entre eux, et cela de façon à ce que chacun dispose en France de 15 MHz de spectre contigu dans chaque sens (montant et descendant) au lieu de 14,8 MHz à ce jour.

2.4.2.5 La bande 2,1 GHz TDD

Question n°71

Souhaiteriez-vous obtenir des fréquences dans cette bande de fréquences ? Quelle quantité ?
Quelle technologie utiliseriez-vous avec ces fréquences ?

Réponse à la question n°71

Le développement de la bande TDD 1900-1920 a été limité dans le passé en raison de la difficulté de déployer un réseau macro au niveau national sur cette bande tout en assurant la coexistence avec les réseaux des opérateurs mobiles dans la bande FDD 2100Mhz (Bande1 à partir de 1920MHz).

En ce qui concerne l'utilisation éventuelle de la bande TDD 1900-1910MHz pour les futurs systèmes ferroviaires à large bande FRMC, les études du rapport 318 de l'ECC suggèrent que, même lorsqu'elle est contenue dans la bande 1900-1910MHz, le BEM défini en Europe pour une telle exploitation ferroviaire peut encore entraîner des interférences avec les récepteurs des stations de base FDD (bande 1) des opérateurs mobiles dans certains scénarios de déploiement, y compris pour certaines configurations avec des sites de stations de base partagés ou entre des sites de stations de base proches.

Par conséquent, une coordination adéquate entre les opérateurs mobiles et l'opérateur des fréquences FRMC est fortement recommandée dans le cas de l'utilisation des fréquences 1900-1910 MHz par les systèmes ferroviaires.

La partie comprise entre 1910 et 1920 MHz ne peut pas être utilisée par les systèmes ferroviaires en raison de la coexistence difficile avec les réseaux mobiles existants largement déployés par les opérateurs mobiles dans la bande 1 FDD (2100 MHz).

2.4.2.6 La bande 3,8 – 4,2GHz

Question n°72

Quels sont, selon vous, les cas d'usages attendus avec cette bande de fréquences ? Envisagez-vous de répondre au guichet d'expérimentation ?

Réponse à la question n°72

Cette bande de fréquences est considérée par une variété d'utilisateurs industriels pour des applications à l'intérieur des bâtiments et en extérieur, et comportant des cas d'utilisation orientés vers la liaison descendante et vers la liaison montante.

Les licences locales qui ont été déjà attribuées dans la plage de fréquences 3700-4200 MHz fournissent une indication utile sur les cas d'utilisation attendus pour la bande de fréquences 3800-4200 MHz.

En Allemagne¹⁶, la majorité des licences dans la bande 3700-3800 MHz ont été attribuées localement aux catégories d'utilisateurs industriels suivantes : industrie aérospatiale, aéroports, industrie automobile, diffusion de médias et industrie événementielle, industrie chimique et pharmaceutique, logistique, soins de santé, fabrication / automatisation, services publics (117 titulaires de licences au 15 août 2022).

Au Royaume-Uni¹⁷, la majorité des licences dans la bande 3800-4200 MHz ont été attribuées localement aux catégories d'utilisateurs industriels suivantes : fournisseurs d'accès internet fixe avec de la radio, intégrateurs de systèmes / fournisseurs de solutions (accès partagé de faible et moyenne puissance), fournisseurs de connectivité hôte neutre, municipalités, industrie de la radiodiffusion et des événements médiatiques (accès partagé de faible puissance), ports, entreprises de construction (accès partagé de moyenne puissance). Il y avait 31 titulaires de licences de faible puissance et 27 titulaires de licences de moyenne puissance au Royaume-Uni au 31 août 2022.

La Norvège¹⁸ a également commencé à attribuer des licences d'utilisation du spectre sur une base locale dans la bande 3800-4200 MHz depuis décembre 2021. D'après les informations publiques disponibles, une société pétrolière et gazière a demandé une licence d'essai.

¹⁶

www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Telekommunikation/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokale-netze-node.html

¹⁷ www.ofcom.org.uk/spectrum/information/spectrum-information-system-sis/spectrum-information-portal

¹⁸ www.nkom.no/frekvenser-og-elektronisk-utstyr/frekvenser-til-mobilkommunikasjon-og-5g/tilrettelegging-for-lokale-mobilnett-i-3-8-4-2-ghz?s=09

Question n°73

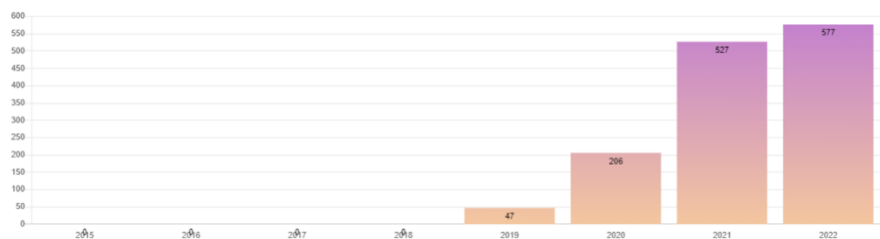
Voyez-vous un intérêt à utiliser cette bande pour de la 5G ou une autre technologie mobile ? À quel horizon ? Avec quelle quantité et quel périmètre géographique ? Pour fournir quels services ?

Réponse à la question n°73

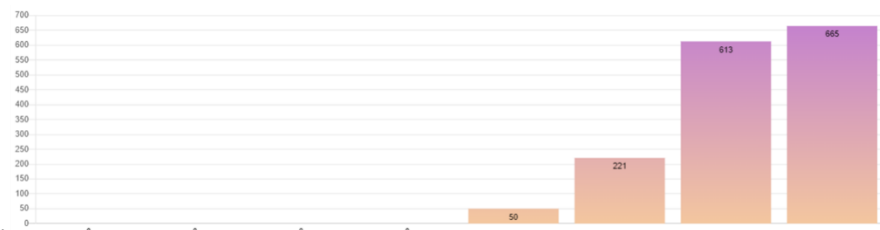
Nous voyons clairement le potentiel d'utilisation de la bande 3800-4200 MHz pour la 5G.

Ceci est confirmé par les graphiques suivants qui fournissent la dernière évaluation de la GSA sur la disponibilité des terminaux fonctionnant dans la bande 3GPP n77 (3300-4200 MHz).

Commercially available devices supporting 3GPP n77 band (3.3-4.2 GHz) - total



Commercially and pre-commercially devices supporting 3GPP n77 band (3.3-4.2 GHz) - total



Source: <https://gambod.gsacom.com/dashboard>

Commercially available devices supporting 3GPP n77 band (3.3-4.2 GHz) – by form factor



Commercially and pre-commercially devices supporting 3GPP n77 band (3.3-4.2 GHz) – by form factor



Source: <https://gambod.gsacom.com/dashboard>

Néanmoins, à ce jour, le manque de disponibilité des terminaux en Europe semble rester un problème. Même si le nombre d'appareils enregistrés dans la base de données de la GSA est relativement élevé, le nombre de terminaux capables d'utiliser la bande 3800-4200 MHz et qui sont effectivement disponibles commercialement sur le marché européen semble être plus limité.

L'incertitude réglementaire joue également un rôle important. Le développement de nos produits dépendra des résultats des travaux en cours au sein de la CEPT, qui peuvent avoir un impact sur les spécifications des stations de base, tant du côté émetteur que récepteur.

Par conséquent, sur la base de nos enquêtes, nous comprenons que l'industrie commencera à utiliser plus largement la bande 3800-4200 MHz pour la 5G à partir de 2024 / 2025.

Nous pensons que les attributions individuelles d'utilisation de cette bande de fréquences devraient être autorisées une fois que des réglementations stables auront été définies par la CE / ECC.

Question n°74

Quelles conditions de cohabitation avec les autres services déjà présents dans la bande imaginez-vous ?

Réponse à la question n°74

Suite au mandat de la Commission européenne¹⁹, l'ECC PT1 et le WG FM ont commencé leurs travaux en vue de l'élaboration du rapport de la CEPT²⁰ sur l'harmonisation de la bande 3800-4200 MHz pour l'utilisation partagée par les systèmes terrestres sans fil à large bande fournissant une connectivité de réseau locale.

L'ECC PT1 vient de commencer ses études techniques portant sur divers aspects, notamment :

- La puissance de sortie qui sera autorisée dans la bande pour les stations de base de faible et moyenne puissance : ces valeurs dépendront du résultat des études de coexistence avec les utilisateurs de satellites en place (FSS DL) et de la nécessité de permettre des conditions harmonisées qui peuvent encore susciter l'intérêt pour les investissements dans les réseaux.
- Les conditions techniques les moins restrictives requises pour assurer la protection des radioaltimètres aéronautiques fonctionnant dans la bande 4200 - 4400 MHz.
- La coexistence dans le même canal et dans les canaux adjacents entre différents réseaux locaux fonctionnant dans la bande 3800-4200 MHz, compte tenu de la nécessité de répondre aux besoins de connectivité centrée sur la liaison descendante et la liaison montante.

¹⁹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/radio-spectrum-cept-mandates>

²⁰ https://www.cept.org/Documents/ecc-pt1/71002/ecc-pt1-22-151_annex-viii-23_working-doc-for-draft-cept-report-on-38-42-ghz

- La coexistence des canaux adjacents entre les réseaux locaux fonctionnant dans la gamme 3800-4200 MHz et les réseaux étendus fonctionnant dans la gamme 3400-3800 MHz. Les travaux doivent tenir compte de la nécessité de répondre aux besoins de connectivité centrée sur la liaison descendante et la liaison montante pour les déploiements locaux et la structure de trames TDD centrée sur la liaison descendante adoptée dans la gamme 3400-3800 MHz.

Il est maintenant trop tôt pour anticiper les résultats de ces discussions qui viennent de commencer dans les groupes concernés de l'ECC.

Question n°75

Une fois la bande normalisée, souhaiteriez-vous la voir attribuée en France ? Si oui, selon quelles modalités ?

Réponse à la question n°75

Faisant suite au mandat de la Commission Européenne, les travaux sont en cours au sein de la CEPT (ECC PT1 et le WG FM) afin de d'étudier les conditions techniques les moins restrictives requises pour l'utilisation partagée de la bande de fréquences 3800-4200 MHz par les systèmes terrestres sans fil à large bande fournissant une connectivité de réseau locale (c'est-à-dire de faible/moyenne puissance).

Nous sommes favorables à l'attribution de cette bande dans le futur en France, sur la base de la future décision de la Commission Européenne, faisant suite aux travaux techniques menés par la CEPT dans le cadre du mandat susmentionné.

Tous les acteurs en France pouvant opérer de tels réseaux locaux 5G devront pouvoir avoir accès sans restriction particulière aux futures autorisations délivrées par l'ARCEP.

Question n°76

Pensez-vous nécessaire d'imposer une trame de synchronisation dans cette bande ? Si non, quel autre mode de coordination estimez-vous pertinent ?

Réponse à la question n°76

Comme décrit dans notre réponse à la question 72, la bande est envisagée par une variété d'utilisateurs industriels pour des applications à l'intérieur des bâtiments et en extérieur avec des cas d'utilisation orientés vers la liaison descendante et vers la liaison montante.

Ces besoins méritent une attention particulière, notamment en termes de trames utilisées et de synchronisation.

Les administrations peuvent adopter des approches différentes pour la synchronisation des différents réseaux.

Elles peuvent exiger la synchronisation entre les réseaux locaux déployés localement dans la bande de fréquences 3800-4200 MHz et entre ces locaux et les réseaux étendus fonctionnant dans la bande 3400-3800 MHz.

Mais elles peuvent aussi décider de ne pas imposer la synchronisation des réseaux locaux entre eux, laissant aux opérateurs de ces réseaux le soin de coopérer et de convenir d'une structure de trame appropriée en cas d'interférences nuisibles (le non-respect de cette obligation peut entraîner des mesures supplémentaires de la part du régulateur).²¹

Nous pensons que le travail en cours dans le cadre de l'ECC PT1 représente une bonne occasion de fournir des orientations qui peuvent aider à mettre en place un cadre efficace au niveau national.

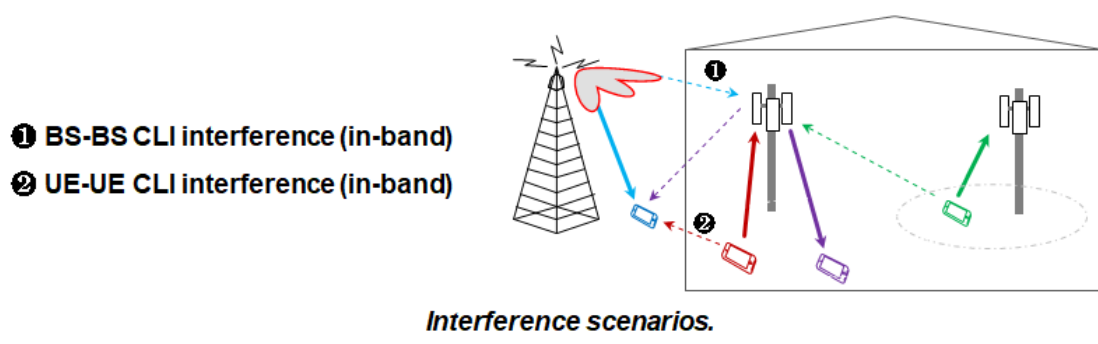
Comme expliqué dans nos réponses précédentes, nous recommandons que les procédures d'attribution de la bande de fréquences aient lieu après l'achèvement des travaux en cours au sein de l'ECC.

Dans le cadre de notre réponse, nous souhaitons également apporter des éléments techniques complémentaires.

À cet égard, un document récent de l'association NGMN²² sur les solutions possibles pour améliorer la connectivité de la liaison montante dans les réseaux TDD fournit un contexte technique intéressant.

Nous souhaiterions apporter également des éléments techniques complémentaires sur le déploiement de réseaux adoptant une structure de trame différente et cela pour des caractéristiques de trafic différentes.

Ce type de déploiement peut entraîner des interférences entre liaisons (CLI: cross link interference), comme le montre la figure ci-dessous :



²¹ Cette approche est suivie par l'Ocom, voir paragraphe 3.229 dans le document : www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

²² www.ngmn.org/publications/5g-tdd-uplink-white-paper.html

Les situations suivantes peuvent permettre une atténuation suffisante de ces interférences CLI dans certains cas :

- Une isolation géographique suffisante est disponible entre le réseau local à l'intérieur d'un bâtiment et le réseau public environnant.
- Une séparation de fréquence suffisante est disponible ainsi qu'un filtrage supplémentaire approprié entre le réseau local soigneusement planifié qui est à l'intérieur d'un bâtiment et le réseau public environnant.

En outre, l'adoption de techniques d'atténuation des interférences électromagnétiques permettra d'assouplir l'exigence d'une isolation supplémentaire entre la station de base macro et les petites cellules à l'intérieur des bâtiments adoptant des structures de trame différentes.

Nous souhaiterions aussi sur le sujet de l'atténuation des interférences croisées apporter un éclairage sur la base de notre compréhension des travaux du 3GPP.

Les techniques d'atténuation de ces interférences ont été partiellement normalisées dans les versions 15 et 16 du 3GPP : dans l'étude NR, un certain nombre de technologies de traitement des interférences croisées ont été proposées et étudiées, notamment le récepteur avancé, la coordination de l'ordonnancement, la coordination des faisceaux, l'adaptation des liaisons et le contrôle de la puissance, etc. En raison de la durée limitée de la R15 et de la R16, aucune fonction de gestion des interférences entre les liaisons BS-BS n'a été normalisée, à l'exception de l'échange d'informations sur la configuration TDD prévue entre les stations de base. Les solutions disponibles jusqu'à la version 17 laissent certains aspects non spécifiés. D'autres améliorations raisonnables sont actuellement discutées au sein du 3GPP en tant que caractéristiques candidates pour la version 18 qui devraient permettre des techniques d'atténuation des interférences plus efficaces.

De plus, sur le sujet des trames qui seraient utilisées dans la bande de fréquences 3800-4200 MHz, nous recommandons d'explorer l'utilisation de la bande pour une utilisation UL uniquement (en combinaison avec des liaisons descendantes disponibles dans d'autres bandes). Cette approche améliorerait considérablement la capacité des opérateurs à répondre aux exigences de débit UL plus élevé et de faible latence de certains cas d'utilisation émergents, tout en facilitant la coexistence avec les services en place.

2.4.2.7 La bande 738 - 753 MHz (dite 700 MHz SDL)

Question n°77

Voyez-vous un intérêt à utiliser la bande 738 – 753 MHz en canalisation SDL pour de la 5G ou une autre technologie ? À quel horizon ? Quelle largeur de bande vous semble pertinent pour l'utilisation de cette bande ?

Réponse à la question n°77

L'utilisation de cette bande 700MHz SDL est possible techniquement mais ne bénéficie à ce jour pas d'un écosystème permettant de la mettre à profit. Il n'y a par ailleurs pas de perspective d'un écosystème à venir dans le court / moyen terme.

Côté infrastructure, il faut noter qu'il est possible techniquement de supporter par le même équipement la bande 700MHz FDD (Bande 28) et la bande 700MHz SDL (Bande 67) avec la contrainte de respecter un écart entre fréquences Uplink et Downlink d'un minimum de 10MHz, ce qui demande d'amputer la bande 700MHz SDL (Bande 67) des 5MHz du bas. Il resterait dans ce cas 10MHz uniquement (743 – 753 MHz).

Etant donné cette contrainte et le manque de perspective sur l'écosystème pour cette bande, il n'y a pas de plan consolidé à court / moyen terme pour supporter cette bande par les équipements de l'infrastructure.

2.4.2.8 La bande 66 -71 GHz

Question n°78

Quels usages envisagez-vous dans cette bande, dans ce cadre d'autorisation générale ? L'introduction de la 5G vous semble-t-elle pertinente ? A quel horizon ?

Réponse à la question n°78

FCC aux États-Unis a autorisé les opérations dans la bande 64-71 GHz sous autorisation générale. Il est également à noter que d'autres pays, comme le Royaume-Uni et le Canada, étendent également leur spectre et leurs conditions techniques sous autorisation générale de 57-66 GHz à 71 GHz. Le WiGig, également connu sous le nom de Wi-Fi 60 GHz, est devenu la technologie la plus prometteuse sur la bande 64-71 GHz. La Wi-Fi Alliance a lancé Wi-Fi Certified WiGig pour accélérer la disponibilité commerciale des appareils WiGig. Fonctionnant dans la bande de 60 GHz, moins encombrée, WiGig offre des performances extrêmement élevées, une connectivité gigabit et une faible latence pour le streaming, les jeux et la mise en réseau pour une gamme d'applications, notamment l'amarrage sans fil, la réalité augmentée/virtuelle (AR/VR), le métavers, etc.

2.4.3 Les fréquences identifiées à l'UIT en cours d'harmonisation européenne

2.4.3.1 La bande 42 GHz

Question n°79

Quels seraient, selon vous, les usages mobiles possibles dans cette bande ? Quels sont les usages satellites prévisibles dans la bande ?

Réponse à la question n°79

Pour permettre la réalisation complète de la vision de la 5G, nous recommandons qu'un spectre suffisant soit mis à disposition dans l'ensemble des bandes de fréquences basses, moyennes et hautes, afin de répondre aux problèmes couverture et de capacité. La disponibilité en temps voulu de spectre 5G dans les bandes de fréquences moyennes (environ 2-8 GHz) est de la plus haute importance pour le lancement et le développement réussis de la 5G, et de l'évolution vers la 6G dans l'avenir.

Parmi les gammes de fréquences hautes, la bande de fréquences 26 GHz est et restera pendant des années au centre du déploiement de la 5G et, plus tard, de l'évolution vers la 6G. Nous prévoyons que la demande du marché pour la bande de fréquences 42 GHz pour la 5G/6G émergera dans plusieurs années, à l'approche de la pénurie de capacité pour les applications 5G les plus adaptées à la bande 26 GHz.

Ces applications 5G seront probablement les mêmes pour les bandes 26 GHz et 42 GHz car les bandes ont des caractéristiques de propagation similaires et une capacité comparable en termes de blocs de spectre potentiellement disponibles pour les opérateurs (par exemple, 400-1000 MHz).

En ce qui concerne l'utilisation prévisible des satellites, nous ne nous attendons pas à ce que davantage de systèmes SFS utilisent la bande 40,5-43,5 GHz dans un avenir prévisible.

Question n°80

Quelle est la prévision de disponibilité de matériel pour le service mobile dans la bande ?

Réponse à la question n°80

A ce jour, nous n'avons pas encore introduit la future disponibilité de matériel pour le service mobile pour la bande de fréquences 42 GHz dans notre feuille de route produits.

Question n°81

Quelles conditions techniques de coexistence pourraient être mises en œuvre dans cette bande ? Quel cadre d'utilisation pourrait être mis en œuvre (par exemple, des autorisations générales) ?

Réponse à la question n°81

Nous pensons que la cadre d'utilisation le plus adapté de la bande 42 GHz sera basé sur des autorisations individuelles. Nous pensons également que les opérateurs mobiles joueront un rôle clé pour fournir des services sans fil dans la bande à la fois aux utilisateurs privés et professionnels, y compris aux réseaux 5G/6G privés.

En ce qui concerne les questions de coexistence dans la bande de fréquences 42 GHz, nous partons du principe que la recommandation ECC (22)01 récemment élaborée fournit les lignes directrices nécessaires aux administrations qui souhaitent assurer le fonctionnement continu des SFS s-E dans les parties 40,5-42,5 GHz et E-s dans les parties 42,5-43,5 GHz respectivement. Nous notons également une marge de protection par rapport aux réseaux 5G de plus de 16 dB pour les stations spatiales GSO et 24,3 dB pour les stations spatiales NGSO démontrée dans les études de partage réalisées par l'ECC de la CEPT (Décision ECC (22)06, Rapport CEPT 082). Plus précisément, nous souhaitons rappeler que l'ECC de la CEPT a convenu de ne pas développer de BEM supplémentaire afin de protéger les services adjacents en dessous de la bande 40,5 GHz et que cette décision devrait faire partie du cadre réglementaire national établissant les conditions techniques de l'exploitation de la 5G/MFCN dans la bande 40,5-43,5 GHz.

Nous notons également que la Recommandation (22)02 traite de la réception des stations terriennes SFS/SMS fonctionnant dans la bande adjacente 39,5-40,5 GHz, pour les systèmes satellitaires OSG et non OSG.

2.4.3.2 La bande 450 - 470 MHz (dite bande 450 MHz)

Pas de réponse aux questions de n°82 à 87.

2.4.4 Des bandes prospectives, en cours de discussion mondialement

2.4.4.1 La bande 470-694 MHz

Question n°88

Quelles sont vos prévisions de croissance du trafic mobile et de l'usage qui appuieraient un besoin en fréquences basses ? A quel horizon ? Quelle quantité de bande serait nécessaire ?

Réponse à la question n°88

La demande de fréquences basses en général, et de la bande 470-694 MHz en particulier, est motivée par le besoin de solutions économiquement efficaces pour la connectivité haut débit dans des zones géographiquement étendues plutôt que par la nécessité d'accueillir le trafic mobile croissant.

Avec le développement rapide de la 5G en Europe et dans le monde, il est devenu évident que la mise à disposition en temps voulu de fréquences basses pour la 5G et son évolution est une condition pour une mise en œuvre efficace des politiques européennes et nationales liées à l'égalité numérique, au haut débit sans fil, à la connectivité large zone abordable et à la couverture profonde à l'intérieur des bâtiments. En particulier, la réaffectation du spectre 470-694 MHz de la radiodiffusion au haut débit mobile contribuerait de manière significative à réduire le coût de la couverture des routes rurales pour les véhicules connectés à la 5G, améliorerait l'analyse de rentabilité de la 5G fixe vers les bâtiments ruraux éloignés. Elle permettrait une agriculture intelligente sur des zones étendues, et une solution de capacité 5G rentable pour les zones où les bandes moyennes pénètrent ou couvrent difficilement (par exemple, la couverture indoor profonde urbaine).

Selon nos prévisions, la demande du marché pour un spectre mobile supplémentaire dans la bande 470-694 MHz émergera dans les années 2025-2030. Dans un premier temps (vers 2025), une quantité d'environ 80 MHz (par exemple, un arrangement FDD de 40x2 MHz) semble suffisante pour répondre à la demande croissante pour la gamme de services mentionnés ci-dessus. Plus tard, vers l'année 2030, avec le développement de la 5G et le début de la mise en œuvre de la 6G, davantage de spectre dans la plage de fréquences inférieure sera nécessaire.

Question n°89

Pourquoi les besoins auxquels pourraient répondre cette bande ne pourraient-ils pas l'être par d'autres moyens (par exemple, l'extinction des technologies 2G/3G dans la bande 900 MHz en vue d'une utilisation par les technologies 4G/5G, la mobilisation de bandes parmi celles décrites en partie 4.2 de la présente consultation, l'agrégation de porteuses des bandes déjà exploitées) ? Ces besoins appelleraient-ils un périmètre d'attribution national ou local ?

Réponse à la question n°89

L'ensemble du spectre mobile actuellement disponible en dessous de 1 GHz sera progressivement saturé par la demande croissante d'une partie des services 5G nécessitant une couverture large et profonde et par la pénétration croissante de la 5G, tant auprès des particuliers vivant ou utilisant des services 5G dans des zones reculées que des entreprises, y compris l'agriculture, qui pourraient grandement bénéficier d'une connectivité à large bande économiquement efficace fournie sur des zones géographiquement étendues.

La question n'est donc pas de savoir "quelle portion du spectre mobile potentiellement disponible en dessous de 1 GHz sera nécessaire à terme" mais plutôt "à quel rythme l'ensemble du spectre mobile potentiellement disponible en dessous de 1 GHz, y compris la bande 470-694 MHz, devra être mis en service et dans quelles zones géographiques il sera nécessaire plus tôt que dans d'autres" ?

En ce qui concerne la perspective d'autorisation, notre recommandation est d'attribuer le spectre par blocs appariés suffisamment grands (la quantité minimale d'un bloc de spectre pour un opérateur est une question à traiter dans des études ultérieures) sur une base nationale.

Question n°90

Est-ce que certaines technologies mobiles pourraient répondre aux besoins de la diffusion audiovisuelle ? Quel est votre avis sur l'intérêt de la 5G broadcast sur cette bande ou sur d'autres bandes ?

Réponse à la question n°90

Nous reconnaissons l'importance de la TNT dans un certain nombre de pays européens à l'heure actuelle, mais nous notons également que beaucoup d'autres pays en Europe s'appuient moins sur la TNT, dans un contexte de diminution constante de la demande de fourniture de services de télévision par voie hertzienne en Europe et dans le monde.

Nous notons avec intérêt que le 3GPP normalise actuellement les technologies de radiodiffusion 5G (y compris la radiodiffusion terrestre 5G basée sur LTE et la radiodiffusion NR), en notant que la version basée sur NR peut être mise en œuvre avec des changements relativement limités aux spécifications 3GPP existantes pour prendre en charge les fonctionnalités requises. Le 3GPP a également normalisé le spectre dans cette gamme pour une utilisation mobile (c'est-à-dire n71 663 - 698 / 617 - 652 MHz) et a commencé à travailler sur une nouvelle classe de bande dans la bande de 600 MHz 663 - 703 MHz / 612 - 652 MHz récemment approuvée par l'APT.

Dans le même temps, nous tenons à souligner que nous considérons la diffusion 5G, qui est encore en cours de normalisation au sein du 3GPP, comme un élément potentiel des futurs réseaux 5G polyvalents visant à fournir des médias de manière efficace en termes de spectre aux utilisateurs mobiles, allant de personnes individuelles (unicast) à de grands groupes d'utilisateurs (multicast, broadcast), plutôt que comme une technologie de remplacement de la TNT. Nous pensons que le spectre UHF actuel pourrait être utilisé de manière beaucoup plus efficace et apporterait plus de valeur sociale et économique s'il n'est pas uniquement utilisé pour la diffusion en aval de contenu média mais contribue plutôt, dans la mesure du possible, à la fourniture des différents services 5G qui pourraient être mis en œuvre le plus efficacement possible dans la plage la plus basse des fréquences.

Question n°91

Sous quelles conditions estimez-vous qu'une cohabitation entre des services mobiles et la TNT serait possible ?

Réponse à la question n°91

Nous pensons que le partage du spectre entre les services mobiles (IMT) et les services de radiodiffusion (TNT) dans les mêmes zones géographiques ou dans des zones géographiques proches serait inefficace et limiterait considérablement les deux services.

Nous considérons qu'une réaffectation harmonisée de la bande 470-694 MHz de la TNT à l'IMT, à la suite de la décision attendue depuis longtemps de la CMR-23 sur une attribution mobile coprimaire et une identification IMT de la bande 470-694 MHz dans la Région 1, constitue le meilleur scénario pour l'Europe. Le scénario alternatif de coexistence TNT-IMT nécessiterait de sévères restrictions de puissance et géographiques pour les services mobiles, tant à l'intérieur des pays que le long des frontières avec les pays voisins, et entraînerait donc une faible efficacité spectrale.

2.4.4.2 La bande 6425 - 7125 MHz (dite bande 6 GHz)

Question n°92

Comment appréciez-vous les perspectives de développement de ces usages (Wifi, IMT17) ?
Identifiez-vous d'autres usages appelés à se développer dans cette bande ?

Réponse à la question n°92

Le secteur de la téléphonie mobile considère le haut de la bande 6 GHz comme la seule possibilité de spectre supplémentaire en bande moyenne pour répondre au besoin total de spectre en bande intermédiaire estimé à 2 GHz par l'étude GSMA²³ en Europe à l'horizon 2030.

L'intérêt, la vision et la motivation de l'industrie mobile pour la bande supérieure du 6 GHz ont été documentés dans divers documents, notamment :

- "6 GHz opportunity : licensed spectrum for mobile networks" livre blanc²⁴ juin 2022.
- Réponse de l'industrie à la consultation publique du RSPG sur le projet d'avis de la CMR-23 : "Multi-company response to the Radio Spectrum Policy Group public consultation on the Draft "Opinion on the ITU-R World Radiocommunication Conference 2023".

Les bandes moyennes ne présentent pas seulement un intérêt pour les réseaux étendus des opérateurs mobiles. L'option alternative qui consisterait à mettre à disposition la bande supérieure du 6 GHz sur une base locale (WAS/RLAN) doit être soigneusement examinée, car il n'existe pas d'alternative pour les réseaux mobiles étendus.

Nous voyons déjà un déséquilibre apparaître en Europe car la quantité de spectre en bande moyenne pour les déploiements de faible/moyenne puissance est actuellement 1,6 fois plus importante que pour les réseaux macro-cellulaires. Ce déséquilibre serait multiplié par 2,4 si la bande supérieure de 6 GHz était utilisée pour les déploiements de faible/moyenne puissance. Un équilibre plus raisonnable, de 0,9 fois, peut être atteint si la partie supérieure de la bande de 6 GHz est mise à la disposition des réseaux macro-cellulaires.

Les réseaux mobiles et les réseaux locaux radio (WAS/RLAN) sont complémentaires, et nous nous attendons à ce que cette tendance se poursuive avec l'évolution des réseaux mobiles 5G NR et des WAS/RLAN, respectivement. Les fréquences dans les bandes moyennes et hautes sont importantes pour les technologies 5G NR et Wi-Fi, les bandes moyennes étant essentielles pour les cas d'utilisation mobile sur des zones plus larges, tandis que les bandes hautes sont plus optimales lorsque des capacités très élevées sur des zones plus petites sont nécessaires, comme pour les hotspots dans les bâtiments ou en extérieur.

²³ Estimating the mid-band spectrum needs in the 2025-2030 time frame; Global Outlook; A report by Coleago Consulting Ltd" (Jul. 2021), GSMA [Report](#)

²⁴ <https://6ghzopportunity.com/wp-content/uploads/2022/06/22-06-09-Licensed-6-GHz-opportunity-v2.pdf>

La 5G NR et le WAS/RLAN doivent fonctionner dans des bandes différentes

Il est important de tenir compte du fait que le fonctionnement sur le même canal des réseaux IMT (5G NR) et WAS/RLAN (Wi-Fi ou NR-U) dans la même zone géographique entraînerait des interférences mutuelles nuisibles, dans la mesure où ils ne seraient pas en mesure de fonctionner aux niveaux des performances pour lesquels ils ont été conçus : les protocoles d'accès ordonnancé au spectre de la 5G NR - spécifiés pour la gestion de la qualité de service dans un environnement d'interférences contrôlées - seraient gravement perturbés, tandis que les protocoles d'accès partagé au spectre de la Wi-Fi / NR-U - spécifiés pour la gestion des interférences non programmées provenant d'autres équipements similaires - ne fonctionneraient pas.

En outre, il convient de noter que la NR-U, en tant que technologie destinée à une utilisation de faible puissance avec du spectre sous autorisation générale, ne serait pas en mesure de répondre à la demande de communications de grande capacité sur de larges zones.

Étant donné que les réseaux IMT (5G NR) et WAS/RLAN (Wi-Fi ou NR-U) doivent fonctionner dans des fréquences différentes, et compte tenu de la criticité des bandes moyennes pour les communications mobiles à grande échelle, la question se pose de savoir quelle quantité supplémentaire de spectre en bande moyenne devrait être attribuée pour être utilisée par les IMT (5G NR) et WAS/RLAN (Wi-Fi ou NR-U), respectivement. Nous avons précédemment évoqué les besoins en spectre pour l'IMT et nous aimerions maintenant aborder les besoins en spectre pour le WAS/RLAN.

Qu'est que permet le spectre existant des bandes moyennes WAS/RLAN ?

Le débit de données maximal théorique en liaison descendante qui peut être fourni par la Wi-Fi avec un canal de 160 MHz de large à 5 GHz ou dans le bas de la bande 6 GHz est d'environ 9,6 Gbit/s. Nous notons que les points d'accès Wi-Fi disponibles dans le commerce peuvent déjà utiliser la combinaison d'un canal de 40 MHz dans la bande 2,4 GHz et d'un canal de 160 MHz dans la bande 5 GHz pour atteindre un débit de données de 10,75 Gbit/s. En tant que tel, et compte tenu des débits fixes à large bande qui devraient être disponibles pour les foyers au cours de la prochaine décennie, l'attribution de fréquences supplémentaires dans les bandes moyennes pour une utilisation par la Wi-Fi ne semble pas nécessaire.

Des simulations ²⁵d'un immeuble de trois étages avec dix appartements par étage, et quatre pièces par appartement, ont montré que, lorsqu'il utilise un canal de 160 MHz dans les bandes de 5 GHz ou de 6 GHz inférieures, chaque point d'accès Wi-Fi 6/6E peut fournir un débit de liaison descendante de l'ordre de 500 à 1000 Mbit/s, en fonction du nombre de flux spatiaux disponibles et du nombre d'antennes disponibles au niveau des points d'accès et des stations. Aujourd'hui, les performances du Wi-Fi sont assez limitées par les capacités existantes : les fonctions d'amélioration des performances fournies par Wi-Fi 7 amélioreront considérablement les capacités du Wi-Fi dans le spectre des bandes moyennes existantes. Nous nous attendons à ce que des points d'accès plus avancés soient disponibles à l'avenir, permettant des débits de l'ordre de 2 Gbit/s dans un canal de 160 MHz dans des environnements urbains aussi denses.

²⁵ "A quantification of unlicensed spectrum needs" (2016), Qualcomm

Cela confirme également l'affirmation selon laquelle l'attribution d'un spectre supplémentaire en bande moyenne pour la Wi-Fi n'apportera pas de gains considérables à l'Europe.

Le rôle des bandes hautes pour WAS/RLAN

Le spectre bande haute est disponible en Europe sur la base d'autorisation générale, en particulier dans la bande des 60 GHz (57-71 GHz). Une combinaison du spectre existant sous autorisation générale de bandes moyennes et hautes soulagera la pression exercée sur WAS/RLAN pour accéder à des fréquences moyennes supplémentaires, car ces dernières sont plus adaptées aux communications mobiles de grande capacité et de grande portée.

De même, les opérateurs mobiles ont l'intention de déployer la 5G dans les bandes hautes, par exemple pour des scénarios de très haute capacité.

Compte tenu de ce qui précède, nous pensons que le spectre des bandes moyennes et hautes actuellement disponible pour le WAS/RLAN est suffisant pour répondre à la demande de capacité dans un avenir prévisible.

Analyse technico-économique des différents scénarios

Le GSMA a réalisé une analyse coûts-avantages²⁶ visant à aider les décideurs politiques dans leurs décisions sur les différents modèles d'autorisation pour la bande des 6 GHz.

En analysant les avantages de l'attribution de la bande avec des autorisations individuelles plutôt qu'à une utilisation sous autorisation générale, le rapport conclut que :

- L'attribution de la totalité de la bande des 6 GHz (5945-7125 MHz) à une utilisation mobile sous licence apporterait le plus grand avantage économique dans la plupart des scénarios envisagés, mais ce n'est pas une option en Europe.
- L'attribution de la bande supérieure des 6 GHz (6425-7125 MHz) pour une utilisation mobile licenciée sous autorisation individuelle lorsque la bande inférieure des 6 GHz (5945-6425 MHz) est attribuée pour une utilisation sous autorisation générale entraînerait les avantages socio-économiques les plus importants, même avec un débit extrêmement élevé pour la disponibilité du haut débit fixe ;
- L'attribution de la totalité de la bande des 6 GHz à une utilisation sous autorisation générale ne serait l'option la plus avantageuse dans aucune des analyses considérées.

Par conséquent, compte tenu de la situation actuelle avec l'Europe ayant déjà attribué les 500 MHz inférieurs de la bande des 6 GHz pour son utilisation sous autorisation générale, l'attribution de la partie supérieure de la bande des 6 GHz pour une utilisation mobile licenciée sous autorisation individuelle est l'option la plus avantageuse en Europe.

²⁶ "The socioeconomic benefits of the 6 GHz band; Considering licensed and unlicensed options" (Jan. 2022), GSMA Intelligence Report

Question n°93

Quelles modalités de cohabitation avec les usages existants (faisceaux hertziens, services satellitaires) dans cette bande seraient nécessaires ?

Réponse à la question n°93

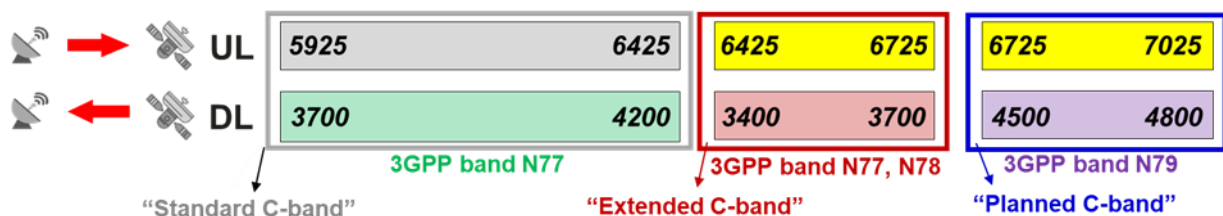
Compte tenu des besoins croissants en spectre des différentes industries, l'importance du partage du spectre est désormais perçue comme une approche inévitable par toutes les industries. Nous sommes activement engagés dans les études de partage de l'UIT-R et nous nous engageons à aider les administrations afin d'assurer une modélisation réaliste de l'interférence des réseaux IMT en prenant notamment en compte les éléments suivants :

- La capacité des systèmes d'antennes actives (AAS) à atténuer les interférences vers d'autres services.
- Une modélisation réaliste des antennes et des récepteurs des services en place
- Des modèles réalistes de perte de bâtis pour les émissions des stations de base IMT vers les satellites ;
- Une modélisation réaliste du nombre et de l'emplacement des stations de base IMT utilisant la bande 6 GHz.

La suite de la réponse décrit les différentes modalités de cohabitation entre les services mobiles (IMT) et les autres types de service (SFS montant, SFS descendant, SETS, Service Fixe et la Radioastronomie).

Liaison montante du service fixe par satellite (SFS)

Il y a une utilisation relativement faible des fréquences 6425-6725 MHz par les satellites au-dessus de l'Europe. En fait, certaines administrations européennes, dans leur réponse au questionnaire ECC, ont déclaré que l'utilisation de la liaison montante du SFS dans la partie supérieure de la bande des 6 GHz sera affectée par les changements de la réglementation européenne dans la bande de la liaison descendante (3400-3800 MHz). En outre, nous notons que le fait que la bande 4500-4800 MHz soit utilisée par l'OTAN se reflète dans l'utilisation presque négligeable de la bande 6725-7025 MHz.



Une étude récente d'Euroconsult sur l'utilisation de la "bande C étendue" (3400-3700 / 6425-6725 MHz), de la "bande C planifiée" (4500-4800/6725-7025 MHz) et des 7025-7075 MHz dans la Région 1 a conclu que :

- L'utilisation de la capacité en bande C étendue et planifiée représenterait actuellement environ 2% de la capacité satellitaire commerciale totale louée ;
- Il existe un total de 51 satellites avec des charges utiles dans la liaison descendante de la bande C étendue, parmi lesquels seulement 21 satellites utilisent la liaison montante dans la bande C étendue ;
- Seuls trois satellites comprennent une capacité en bande C planifiée en liaison montante et descendante ;
- La demande de capacité en bande C étendue à 3 400-3 700 MHz (et pour les liaisons montantes en bande C étendue associées) suit une tendance à la baisse qui semble devoir se poursuivre ;
- Le taux d'utilisation relativement faible d'une majorité de ces satellites, combiné aux perspectives limitées d'utilisation de la capacité, ne justifie guère leur remplacement ;
- La probabilité d'un investissement dans un nouveau satellite en bande C planifié semble faible ;
- L'utilisation dans la Région 1 de 7025-7075 MHz est actuellement limitée aux liaisons descendantes (passerelles et liaisons et la commande et le contrôle), à environ quatre téléports en Russie, Turquie et France ;
- Environ ~70% des satellites actuellement déployés dans les bandes C étendues et planifiées sur la liaison descendante et visibles depuis la Région 1 de l'UIT ne devraient plus être en service d'ici 2030.

Néanmoins, la coexistence entre les IMT et le SFS sur la liaison montante devrait être étudiée par l'UIT-R. Bien que les discussions soient toujours en cours, la grande majorité des contributions soumises à l'UIT-R par les administrations et l'industrie ont conclu ²⁷ que les déploiements macro-cellulaires IMT (5G NR) peuvent coexister avec la liaison montante du SFS²⁸.

Liaison descendante du service fixe par satellite (SFS)

Des études ont par ailleurs indiqué que la coexistence du SFS en liaison descendante²⁹ et du service fixe (FS) est également possible au niveau national grâce à une coordination et/ou une séparation géographique au cas par cas.

²⁷ Conformément à la nécessité bien reconnue d'exploiter les ressources limitées du spectre par un partage plus intensif du spectre, ces études reposent sur des hypothèses réalistes concernant certains paramètres clés, notamment a) la densité géographique réaliste des stations de base IMT, b) le modèle d'atténuation des échos parasites applicable au scénario de déploiement macro et à l'environnement de propagation à 6 GHz, c) les systèmes d'antennes actives (AAS) des stations de base IMT dirigeant le signal utile vers les directions souhaitées (loin des opérateurs en place), et d) les caractéristiques réalistes des antennes des récepteurs en place.

²⁸ Cameroun (5D/782, 996, 1231, 1299) ; Chine (5D/874, et 5D/1069) ; Ericsson (5D/1032, 1127, 1250) ; France (1042, 1138) ; Huawei Suède (5D/1322) ; Japon (1021, 1082, 1303) ; Mali (5D/1224) ; Nokia (1146, 1278) ; Reliance Jio (5D/1215) ; Fédération de Russie. (5D/1089, 1244, 1238) ; Sénégal (5D/1323) ; Afrique du Sud et al (1299) ; UAE (1148, 1285).

²⁹ Les simulations présentées au WP 5D montrent des distances de séparation de l'ordre de 13-15 km entre les stations terriennes du SFS et les stations de base IMT pour les critères de protection à long et à court terme (5D/1017, Ericsson).

Service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) passif

Il a été envisagé de déployer des capteurs passifs à micro-ondes par satellite pour mesurer la température de la surface de la mer - y compris le projet européen Copernicus - dans la bande 6925-7325 MHz dans le cadre du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS). Comme l'a indiqué le RSPG, bien que le SETS soit reconnu dans cette bande au titre du RR 5.458, il n'y a pas d'attribution réelle dans le RR. Les administrations envisagent maintenant d'autres bandes de fréquences à cette fin, dans le but d'obtenir un statut protégé dans le Règlement des radiocommunications de l'UIT. Cette approche semble raisonnable si l'on considère que le CIMR (Copernicus Imaging Microwave Radiometer) peut potentiellement être perturbé par tout service actuel ou futur dans la bande et ne peut prétendre à une protection.

Service Fixe (SF) : faisceaux hertziens

La coexistence avec le service fixe (SF) est une question nationale qui doit être traitée au cas par cas en raison des différences d'utilisation en Europe ; une boîte à outils de solutions peut aider les administrations à faire face à leurs contextes spécifiques³⁰. Dans le cadre de la préparation de la CMR-23, toutes les études ont montré que la coexistence entre l'IMT et le service fixe est possible mais qu'elle nécessiterait une coordination site par site si l'IMT et le SF sont déployés dans la même zone géographique ou dans des zones géographiques adjacentes.

Notamment, l'octroi de licences avec des autorisations individuelles pour les réseaux IMT est toujours préférable pour la coexistence avec le SF pour deux raisons : il permet la coordination puisque le régulateur connaît la position des liaisons fixes, et il améliore aussi considérablement la capacité des administrations à identifier les sources potentielles de brouillage et à prendre des mesures d'atténuation conformément aux conditions des licences.

En fait, du point de vue des services fixes, l'attribution de la même bande à la fois aux services fixes et aux WAS/RLAN avec des autorisations générales ne s'est pas avérée fructueuse car l'opérateur de services fixes perd la certitude d'un fonctionnement sans interférence, ce qui entraîne une diminution de la volonté d'investir. Même lorsque les conditions techniques sont élaborées en tenant compte de la protection du SF, les dispositifs sous autorisation générale ne peuvent pas être contrôlés. Cela revêt une importance particulière pour les pays qui attribuent la bande au SF pour des infrastructures critiques, telles que la sécurité publique ou la radiodiffusion.

Radioastronomie

Bien que le partage avec le service de radioastronomie n'entre pas dans le cadre de la CMR-23 Al 1.2, des zones de protection peuvent être spécifiées au niveau national pour réduire la probabilité d'interférences nuisibles à ce service.

³⁰ Par exemple, voir la contribution de l'industrie à ECC PT1, ECC PT1(21)227r1 (sept. 2021), ou ECC PT1(22)073r1 (janvier 2022).

Question n°94

Pensez-vous que la bande soit appropriée pour mettre en place un partage dynamique du spectre afin de concilier les usages envisagés ?

Réponse à la question n°94

En raison de la nature des utilisateurs pour les services actuels (SF et SFS) dans la partie supérieure de la bande des 6 GHz, nous considérons qu'il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre une forme quelconque de partage dynamique du spectre pour faciliter l'introduction des réseaux IMT dans cette bande.

Veuillez également consulter notre réponse à la question n°38 concernant notre point de vue sur le partage du spectre intra-service et inter-service.

2.4.4.3 Les bandes de fréquences au-delà de 90 GHz**Question n°95**

Des usages mobiles sont-ils envisageables dans ces bandes de fréquences ? Le cas échéant, quels usages mobiles sont envisagés ? Avec quelles perspectives commerciales et à quelle échéance ?

Réponse à la question n°95

Les bandes de fréquences supérieures à 90 GHz peuvent être considérées comme des bandes térahertz (THz). L'abondance de spectres libre et les possibilités de large bande passante contiguës répondent aux exigences des services mobiles pour les transmissions gourmandes en débit de données et les applications sensibles à la latence. En outre, grâce aux petites longueurs d'onde et à l'absence de danger pour le corps humain, l'intégration de la communication et de la détection dans les dispositifs portables ou les infrastructures de communication constitue également une solution prometteuse.

Voir réponse suivante pour l'échéance.

Question n°96

Le cas échéant, à quel horizon estimez-vous que la technologie mobile sera disponible pour ces bandes ?

Réponse à la question n°96

Certains pays et partenaires industriels envisagent d'utiliser ces bandes de fréquences pour la 6G, dont les premières discussions en cours prévoient des déploiements initiaux vers 2030 et des déploiements à grande échelle vers 2040.

Question n°97

Voyez-vous un intérêt à des expérimentations mobiles utilisant ces fréquences ? A quel horizon ? Avez-vous identifié des bandes de fréquences spécifiques ?

Réponse à la question n°97

La bande sub-THz (92-300 GHz) est désormais considérée comme une nouvelle frontière dans la recherche sur la téléphonie mobile sans fil à large bande. L'équipe de recherche 6G de Huawei a construit une plateforme prototype universelle pour la synesthésie THz intégrée (Integrated Sensing and Communication at THz band, ISAC-THz) qui est utilisable dans la plage des fréquences de 100 GHz à 300 GHz, et a exploré et vérifié la faisabilité technique de deux scénarios difficiles : la détection et l'imagerie de haute précision du côté du terminal et la transmission à ultra-haute vitesse à moyenne distance à l'extérieur.

2.5 Autres sujets éventuels

Question n°98

Au-delà de tous les sujets abordés dans les sections précédentes de cette consultation, quels autres enjeux relatifs à l'attribution de nouvelles fréquences pour les réseaux mobiles mériteraient d'être portés à l'attention de l'Arcep ?

Réponse à la question n°98

Nous complétons ici la réponse à la question n°35, pour des fréquences ayant un intérêt pour les communications avancées basées sur les réseaux mobiles prévues par l'industrie automobile ainsi que les fréquences donnant lieu à des recherches dans le cadre de la future technologie 6G (IMT-2030).

Communications avancées prévues par l'industrie automobile

Sur la base des résultats de son étude des besoins en spectre³¹, la 5GAA conclut que : " Les attributions actuelles de spectre à la disposition des opérateurs mobiles ne sont pas suffisantes pour prendre en charge les communications avancées basées sur les réseaux mobiles prévues par l'industrie automobile ".

La 5GAA estime que les administrations nationales et régionales doivent remédier à cette situation en allouant au moins 500 MHz de spectre supplémentaire en bande moyenne (1 à 7 GHz), compatible avec les services, doivent être mis à la disposition des opérateurs de réseaux mobiles pour leur permettre de fournir des services V2N (communications Véhicules Réseau) avancés de haute capacité à l'échelle des villes. Dans ce qui précède, le terme "supplémentaire" signifie la disponibilité du spectre en plus des bandes qui sont actuellement identifiées pour l'utilisation IMT par les réseaux de communication mobile.

En conséquence, la 5GAA déclare qu'elle "... accorde une grande importance aux communications entre les usagers de la route et les infrastructures de réseaux mobiles pour permettre les futurs cas d'utilisation avancée de la conduite, comme le prévoit l'interface Uu de C-V2X. En conséquence, la 5GAA recommande aux administrations nationales et régionales de veiller à la disponibilité d'un spectre suffisant pour les réseaux de communication mobile dans les bandes dites basses et moyennes pour la prise en charge des services, y compris les services ITS, au cours de la prochaine décennie. "

Des travaux sont actuellement menés pour évaluer les besoins en spectre associés aux nouveaux cas qui seront traités par la 6G à l'horizon 2030 et au-delà.

³¹ 5GAA, "[Study of spectrum needs for safety related intelligent transportation systems – day 1 and advanced use cases](#)," June 2020.

Technologie 6G (IMT-2030)

Des recherches ont commencé pour trouver un spectre approprié dans la gamme de fréquences 7125 - 24 GHz. Ce spectre dit des "bandes d'ondes centimétriques" est essentiel pour permettre les cas d'utilisation IMT-2030 envisagés et exigeants en termes de capacité. Nous notons que la partie inférieure 7125-15 GHz permet d'atteindre un meilleur équilibre entre une bonne couverture et une capacité élevée, sachant que ces deux éléments sont essentiels pour les cas d'utilisation IMT-2030 pour une mobilité sur une zone plus large.

Des fréquences dans les bandes 92-300 GHz dites "bandes sub-THz" viendraient en complément des fréquences 7125 - 24 GHz pour permettre des débits de données extrêmement élevés (de l'ordre du Tbit/s) et des latences extrêmement faibles qui seraient nécessaires pour certains des cas d'utilisation IMT-2030 à faible mobilité, notamment les communications directes entre appareils, dispositifs de détection et de reconnaissance, ainsi que d'autres cas d'utilisation locale.