

Attribution de nouvelles fréquences pour la 5G

Réponse de Huawei à la consultation publique

26 octobre 2018 – 19 décembre 2018



Huawei Technologies

19 décembre 2018

1 Introduction

Huawei est heureux de participer à la réponse à la consultation publique sur l'attribution de nouvelles fréquences pour la 5G.

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

Nous avons donc limité nos commentaires et réponses aux questions de la consultation qui entrent dans ce cadre.

En particulier dans nos différentes réponses et commentaires relatifs aux différentes questions de cette consultation, nous ne nous sommes pas positionnés sur les futures obligations des opérateurs mobiles, mais éclairons l'Autorité sur le contexte technico-économique de la 5G pour en faire un grand succès en France.

Toute notre réponse est publique.

2 Commentaires et réponses aux questions

2.1 Partie 1. Favoriser l'innovation grâce à la 5G

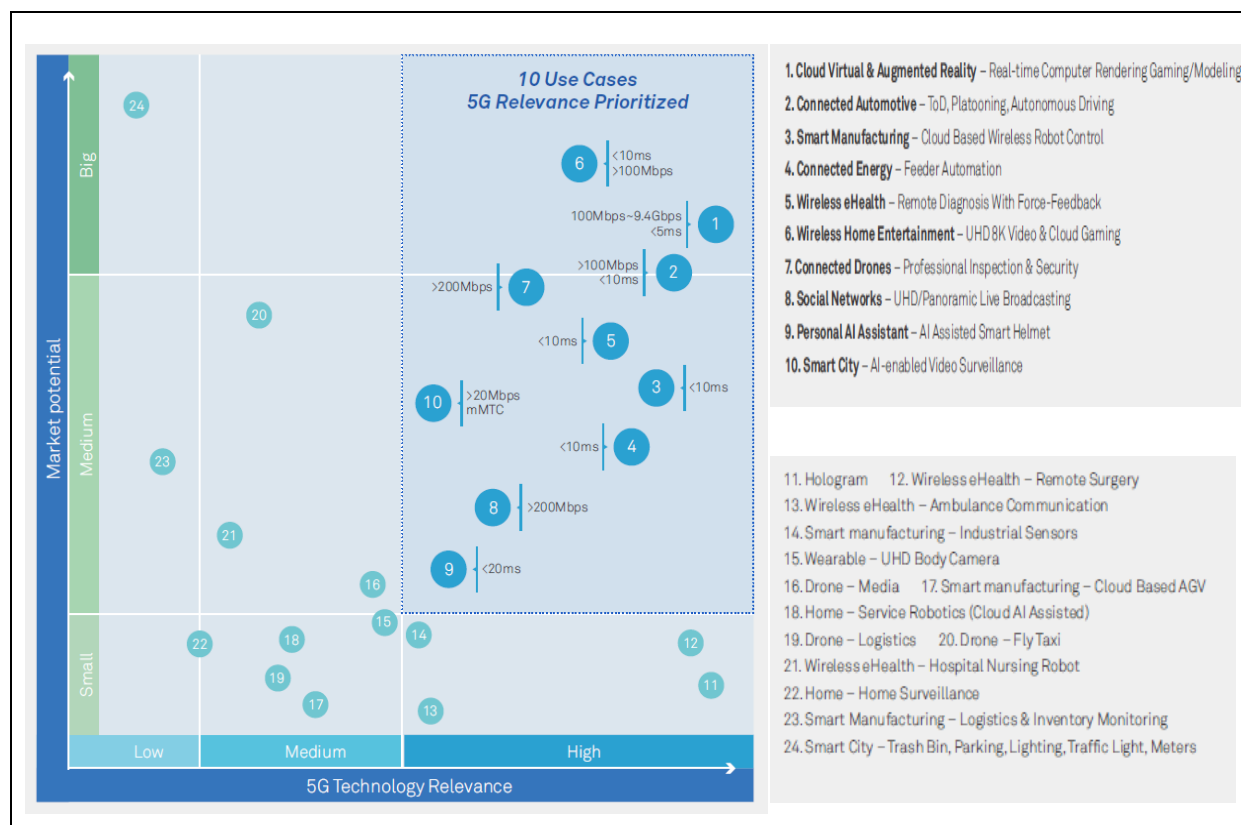
Question n°1

Quels types de nouveaux usages ou d'améliorations des usages existants anticipez-vous avec l'introduction de la 5G ? Quels en seront les utilisateurs ? Dans quelle mesure la 5G est-elle importante au développement de ces nouveaux usages ? Quelles sont les alternatives à la 5G pour les supporter ?

Réponse à la question n°1

Quels types de nouveaux usages ou d'améliorations des usages existants anticipez-vous avec l'introduction de la 5G ? Dans quelle mesure la 5G est-elle importante au développement de ces nouveaux usages ?









Dans le cadre de son activité « X Labs Wireless » Huawei a écrit un livre blanc sur les cas d'usage de la 5G qui est résumé ci-dessous :



La 5G va effectivement améliorer des usages existants, et permettre de nouveaux usages comme nous le montrons dans les exemples suivants.

Les usages suivants vont par exemple être largement améliorés :

- La connectivité à Internet et le très haut débit en général.
- La ville intelligente : après un démarrage avec le LTE, la 5G va permettre de multiples capteurs dont des caméras 360° 4K+ dans la ville et un traitement en temps réel des informations grâce à de l'intelligence artificielle dans le cloud.
- La voiture connectée : le LTE permet la connexion de la voiture à internet et sa maintenance à distance grâce à de nombreux capteurs. Les évolutions du LTE en release 14 et 15 devraient permettre plus de sécurité routière et de conduite assistée et une meilleure protection des piétons, et des deux roues. La release 16 du 3GPP permettra avec l'arrivée de la 5G NR la voiture autonome avec des fonctions comme la mise en convoi, le partage des données de capteurs d'un véhicule vers les autres véhicules ainsi que les intentions de chaque véhicule de façon à coordonner l'ensemble des trajectoires.
- Les réseaux sociaux avec l'arrivée de la vue en 360°, la réalité virtuelle et l'utilisation de drones équipés de caméras pour partager une expérience en temps quasi-réel.
- La maison connectée avec un service fixe ultra haut débit fourni par la 5G et des jeux en temps réel.
- La réalité virtuelle et augmentée comme montrée ci-dessous.

Cloud VR/AR Evolution and Connectivity Requirements				
VR Applications & Technical Features	Stage 0/1		Stage 2	Stage 3/4
	PC VR	Mobile VR	Cloud Assisted VR	Cloud VR
				
	Gaming, simulation	360° video, education	Immersive content, interactive simulation, visualization/design	Gaming / modeling premium experience
	(motion processing and rendering in a local computer)	(panoramic video download and motion processing in smartphone)	(cloud-based motion processing, FOV(+) video streaming)	(cloud-based motion processing and real-time CG rendering, FOV(+) video streaming)
AR Applications & Technical Features	2D AR		3D AR/Mixed Reality	Cloud MR
				
	Assembly instructions, gaming, location-based, remote work, visualization for retail/marketing		Holographic visualization with increasing universe size. Highly connected public safety AR applications	Cloud-based mixed and merged reality applications. Increased user density and connectivity
	(Local images and text overlay)		(Image upload, cloud-based multimedia response)	(Image upload, cloud-based image re-rendering)
Connectivity Requirement	Primarily Wi-Fi Connectivity	4G and Wi-Fi Streaming to 20 Mbps 50 ms latency	4.5G Streaming to 40 Mbps 20 ms latency	5G Streaming to 100 Mbps - 9.4 Gbps 2-10 ms latency

La 5G par ses performances temps réel et sa capacité en débit va introduire de nouveaux usages ou techniques comme les drones pour l'inspection et la sécurisation des sites industriels, la chirurgie à

distance, l'aide aux personnes ayant des déficiences visuelles, de nouveaux jeux en réseau temps réel utilisant la réalité augmentée et de nouvelles applications industrielles dans le domaine de la fabrication (industrie 4.0) et de l'énergie.

De plus, la 5G va déclencher plein de nouveaux usages à travers des applications (utilisant notamment de l'IA dans le cloud) que nous n'avons pas encore imaginées grâce aux performances de l'évolution 5G des réseaux mobiles et à des nouveaux types de terminaux. Car l'expérience passée nous montre que de grandes réussites n'ont pas été toujours prévues comme le montrent les succès des SMS et du M2M avec la 2G et 3G, l'arrivée des smartphones qui a permis le succès de la 3G.

Plus généralement, la 5G va participer à la numérisation de l'ensemble de la société et des objets qui l'entourent avec des traitements plus rapides dans le cloud qui pourront utiliser de l'intelligence artificielle.

Quels en seront les utilisateurs ?

Le grand public, les entreprises, les administrations publiques en seront les utilisateurs. La 5G va très sûrement aussi créer de nouveaux écosystèmes et interactions nouvelles entre les humains et les machines.

Quelles sont les alternatives à la 5G pour les supporter ?

Aucune technologie connue ne sait supporter tous les usages qui ont été décrits.

Question n°2

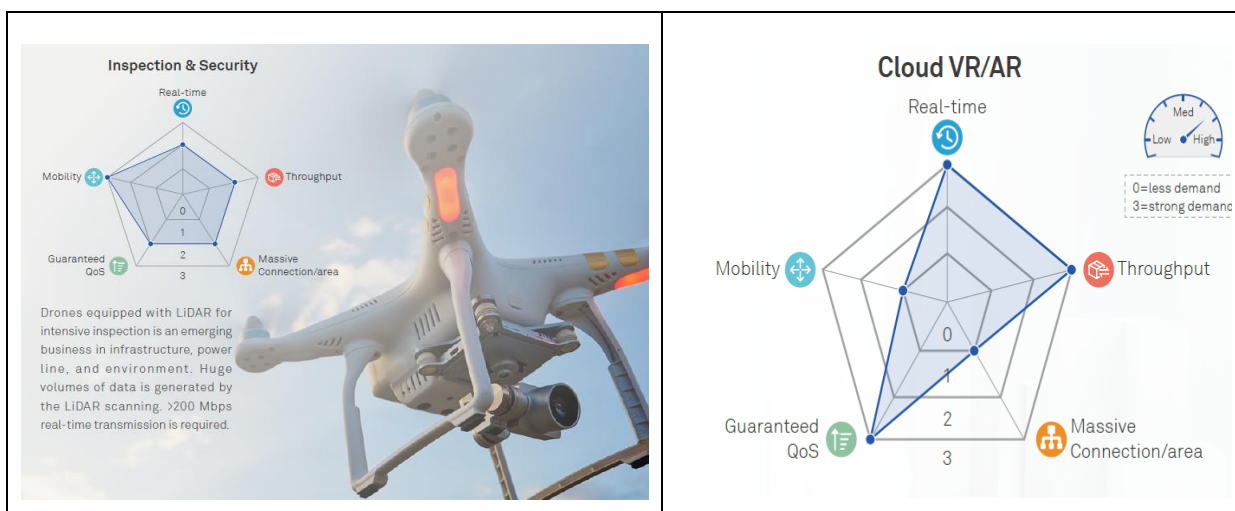
Quels sont les critères de performances clés nécessaires aux nouveaux usages mentionnés en réponse à la question n°1 ? La présence d'un réseau mobile disposant de ces performances clés est-elle suffisante pour voir l'émergence et le développement de ces nouveaux usages ou d'autres prérequis (techniques, économiques, réglementaires, organisationnels...) sont-ils nécessaires ? Dans l'affirmative, pouvez-vous détailler précisément les freins identifiés ?

Réponse à la question n°2

Quels sont les critères de performances clés nécessaires aux nouveaux usages mentionnés en réponse à la question n°1 ?

Dans le document précité dans la première question, les performances nécessaires ont été évaluées pour l'ensemble des cas d'usage sur la base du temps réel, du débit, du nombre de connexions, de l'exigence en qualité de service et de la mobilité.

Voir ci-après par exemple la combinaison de performances requises pour les drones utilisés pour l'inspection et de la sécurisation de sites industriels ainsi que la réalité virtuelle et augmentée utilisant des traitements dans le cloud.



La présence d'un réseau mobile disposant de ces performances clés est-elle suffisante pour voir l'émergence et le développement de ces nouveaux usages ou d'autres prérequis (techniques, économiques, réglementaires, organisationnels...) sont-ils nécessaires ?

Nous souhaiterions insister sur le fait que le support par le réseau ne garantit pas automatiquement le succès de nouveaux usages, et cela quel qu'en soit le niveau de régulation, car l'adoption par le marché est une étape fondamentale dont l'alchimie est complexe.

Voici différents exemples connus d'usages qui n'ont pas émergé à ce jour malgré la présence de réseaux mobiles :

- La visiophonie et le WAP en 3G.
- MBMS (en 3G) et eMBMS (en 4G) : par manque de plan d'affaire, une forme de télévision locale pour des smartphones n'a jamais décollé à ce jour.

D'autre part, même si un réseau mobile dispose des performances clés pour fournir de nouveaux services, des freins réglementaires peuvent gravement retarder, voir bloquer l'introduction de nouveaux usages. Nous avons identifié ce grave problème pour l'introduction du C-V2X (Cellular V2X) en Europe / en France :

- Le C-V2X a commencé à être standardisé en LTE (3GPP release 14, puis avec une évolution 3GPP release 15) afin de fournir la connectivité requise pour fournir des fonctions de sécurité routière pour les véhicules et l'ensemble des usagers (piétons, cyclistes). Il évoluera en 5G NR avec la release 16 du 3GPP pour également fournir les fonctions de connectivité nécessaires à la voiture autonome. En réutilisant l'ensemble de la couverture des axes routiers déjà réalisée en LTE, les opérateurs pourront facilement faire évoluer leurs réseaux afin d'introduire les fonctionnalités LTE pour le C-V2X afin de gérer l'interface V2N (Véhicules vers le Réseau), et d'évoluer vers la 5G NR.
- Par contre de graves problèmes réglementaires doivent être surmontés :
 - Le DA (Delegated Act) Européen sur le transport routier en cours d'élaboration pourrait empêcher l'arrivée du C-V2X, ou retarder / repousser son arrivée en privilégiant une technologie plus ancienne basée sur du WIFI (G5), moins performante et sans chemin d'évolution vers la 5G.

- Une partie des fréquences 5,9 GHz [5875-5935 MHz] est prévue pour la connectivité du transport urbain rail ainsi que le transport routier (utilisé dans ce cas pour les communications directes entre véhicules et entre les véhicules et les piétons ainsi qu'entre les véhicules et l'infrastructure routière). L'organisation de cette bande de fréquences est en cours d'étude par la CEPT dans le cadre d'un mandat de la Commission Européenne. Pour la future utilisation de ces fréquences pour le transport routier, nous sommes également très inquiets que les bonnes mesures réglementaires ne soient pas prises empêchant ou retardant / repoussant l'arrivée du C-V2X en Europe/France toujours en privilégiant une technologie plus ancienne basée sur du WIFI (G5)

Question n°3

À quel horizon voyez-vous l'émergence d'un environnement d'acteurs suffisamment mature pour faire apparaître les nouveaux usages mentionnés en réponse à la question n°1 ?

Réponse à la question n°3

Les différents usages décrits à la première question montrent des tendances.

L'ensemble des fournisseurs de solutions 5G ainsi que les opérateurs mobiles sont en train de construire le socle mature sur lequel va se construire l'ensemble de l'écosystème afin de permettre l'adoption par le marché et le succès de nouveaux usages.

Mais le rythme précis auquel l'écosystème 5G va se construire autour de ce socle pour participer à la numérisation de l'ensemble de la société et des objets qui l'entourent pour les différents usages indiqués n'est pas précisément défini, et cela d'autant plus quand de nouveaux écosystèmes et de modèles d'affaire doivent se construire.

La voiture autonome en est une bonne illustration : si la nécessité d'une connectivité performante de type temps réel fournie par la 5G est en général reconnue ainsi que l'arrivée de la voiture autonome vers 2025 /2030, l'écosystème lui-même qui va lier les constructeurs automobiles et leurs sous-traitants, les opérateurs mobiles, les opérateurs routiers publics et privés, les fournisseurs télécom est en cours de construction, notamment grâce à des associations professionnelles comme le 5GAA et ses différents groupes de travail.

Question n°4

Au-delà des dates de standardisation de la 5G, à quel horizon voyez-vous le déploiement et l'utilisation effective des technologies susmentionnées : eMBB, mMTC, URLLC, network slicing ?

Réponse à la question n°4

La standardisation est un pré-requis à l'utilisation de ces technologies. Au-delà des dates de standardisation, la vue ci-dessous indique à quel horizon ces différentes technologies sont prévues d'être supportées par les équipements ainsi que les terminaux.

eMBB : les équipements supportant eMBB auront été testés au cours des années 2018/2019 et sont prévus d'être introduits commercialement à horizon 2019/2020 suivant les pays. Des premiers déploiements sont prévus dès 2019 dans certains pays afin d'y offrir des services de type eMBB tels que « Cloud PC », « Cloud Gaming » ou encore « Cloud VR/AR ». L'année 2019 verra par ailleurs l'introduction des premiers terminaux (CPE ou smartphones) correspondant à ces usages.

mMTC : les équipements supportant mMTC ne seront pas disponibles avant 2022-2023, la standardisation de ces technologies étant prévue pour 2020, voire 2021-2022. En ce qui concerne les terminaux correspondant aux usages mMTC, il n'y a pas encore de visibilité sur une disponibilité à cet horizon 2022-2023. Il est à noter que les technologies « Machine Type Communication » basées sur le LTE comme LTE-M ou bien NB-IOT sont encore en phase de démarrage à ce jour.

URLLC : les premiers équipements supportant URLLC sont prévus pour l'année 2020. Cependant, comme la standardisation ne sera complétée qu'en 2020, les véritables solutions commerciales sont plutôt attendues en 2021. Les disponibilités des premiers terminaux devraient s'aligner sur cette date. Il est à noter que la technologie URLLC s'appuie, entre autres évolutions, sur des optimisations de l'architecture du Cœur de Réseau, comme notamment la présence au plus proche du réseau radio de fonctionnalités Cœur de Réseau, qui permettront une très faible latence en ligne avec les objectifs des services URLLC de la 5G. Du fait de ces nécessaires évolutions au niveau Cœur de Réseau, la disponibilité de services s'appuyant sur URLLC de bout en bout ne pourra être mise en œuvre que de manière progressive.

Network Slicing : les premiers équipements supportant Network Slicing sont prévus pour l'année 2020, pour les usages eMBB du Network Slicing. En ce qui concerne les usages URLLC et mMTC, les solutions commerciales sont plutôt attendues en 2021-2022. Il est à noter que la technologie Network slicing s'appuie, entre autres évolutions, sur des optimisations de l'architecture du Cœur de Réseau, comme notamment la distribution des fonctions du Cœur de Réseau à différents niveaux du réseau en fonction des différentes contraintes techniques des services 5G. Du fait de ces nécessaires évolutions au niveau Cœur de Réseau et des investissements correspondants, la disponibilité de services s'appuyant sur le Network Slicing de bout en bout ne pourra être mise en œuvre que de manière progressive.

Question n°5

En tant qu'utilisateur des réseaux professionnels, estimez-vous qu'au-delà des réseaux qui pourront être déployés dans la bande 2,6 GHz TDD en 4G, et à terme éventuellement en 5G, un autre réseau 5G serait nécessaire pour répondre à vos besoins sur d'autres bandes de fréquences ? Sur quelles bandes et pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°5

Nous souhaiterions porter à l'attention de l'Autorité une vision du marché 5G NR dans la bande TDD 2,6 GHz.

La 5G NR s'avère particulièrement efficace avec des bandes TDD grâce notamment à l'introduction du MIMO massif et de l'utilisation de la propriété de la réciprocité du canal.

Toutes les bandes de fréquences TDD dont plus particulièrement les bandes dont les fréquences sont inférieures à 5 GHz qui fournissent une meilleure couverture sont donc particulièrement favorables pour l'introduction de la 5G NR.

Il s'agit en particulier des bandes de fréquences suivantes :

- La bande de fréquences 3400-3800 MHz, bande prioritaire et pionnière de la 5G
- La bande n41 (2496-2690 MHz): La bande 41 est déjà largement déployée en LTE par exemple aux USA, au Japon, en Chine, aux Philippines.
- La bande n40 (2300-2400 MHz) : La bande 40 est également largement déployée en LTE (Inde, Indonésie, Chine, Australie, Canada, Russie ...).

Grâce notamment à sa grande largeur de bande (plus de 190 MHz), la bande n41 est en train de devenir une autre grande bande de la 5G NR pour laquelle des équipements vont devenir rapidement disponibles (dont des équipements Huawei).

Donc, la bande n38 (2570-2620 MHz), qui est une sous-partie de la bande n41, va ainsi également bénéficier de cet écosystème 5G NR.

Nous souhaitons également compléter la vision sur la bande 2,6 GHz en indiquant que la CEPT travaille à faire évoluer les conditions techniques dans cette bande de fréquences afin d'intégrer la 5G NR et plus généralement les systèmes AAS (Active Antenna Systems).

Les futures bénéficiaires de licences dans la bande TDD 2,6 GHz en France pourront donc faire rapidement de la 5G.

Nous pensons qu'il faille réserver les bandes pionnières de la 5G (3400-3800 MHz et 26 GHz) pour les opérateurs mobiles afin d'en assurer le succès.

Dans un deuxième temps, s'il était démontré que des utilisateurs de réseaux professionnels ont réellement un besoin complémentaire de débit et de fréquences, la bande de fréquences 2,3 GHz pourrait constituer une approche intéressante.

Question n°6

En tant qu'acteur « vertical », estimez-vous qu'un réseau 5G ouvert au public permettrait de répondre à vos besoins ? Si non, pour quelles raisons techniques/de performance ? Outre la connectivité au réseau, quels sont les autres services fournis par les opérateurs que vous estimez, le cas échéant, nécessaires, comme par exemple l'hébergement de fonctionnalités propres (virtual network fonctions, multi-access edge computing...) dans le réseau de l'opérateur ? Quel horizon temporel est pertinent pour assurer la viabilité des plans d'affaires des nouveaux usages envisagés ?

Réponse à la question n°6

Nous souhaiterions porter à l'attention de l'Autorité une vision du marché 5G, en l'intégrant dans le contexte de l'histoire des réseaux mobiles cellulaires.

Le lancement de toutes les nouvelles technologies cellulaires a été assuré par les opérateurs mobiles soutenus par des fournisseurs travaillant dans un cadre standardisé. Les premières bandes de fréquences cellulaires n'ont été attribuées qu'aux opérateurs mobiles permettant un effet d'échelle rapide et assurant le succès du lancement et de l'adoption de la nouvelle technologie.

Ces opérateurs mobiles ont également ensuite fourni des services de type B2B en utilisant les réseaux déjà lancés.

Puis, mais uniquement dans un deuxième temps, les standards évoluant et des besoins spécifiques émergeants, des fréquences dédiées ont été allouées à d'autres opérateurs plus spécialisés qui ont naturellement bénéficié d'un large écosystème existant.

Voici quelques exemples de cette approche :

- Le GSM a été lancé avec succès par les opérateurs mobiles dans les bandes 900 MHz, puis 1800 MHz en apportant y compris de nouveaux services comme le SMS. Puis, ensuite :
 - Ces mêmes opérateurs ont également lancé avec succès des services B2B comme le M2M.

- Dans un deuxième temps, le GSM-R a émergé comme évolution du standard GSM ; puis des équipements GSM-R réutilisant la base industrielle GSM ont été développés. Des bandes de fréquences dédiées GSM-R ont été allouées à des opérateurs GSM-R.
- Le LTE a été lancé succès par les opérateurs mobiles dans des bandes de fréquences 800MHz, 1800 MHz et 2600 MHz en apportant des débits plus importants avec notamment la vidéo, et en faisant décoller l'utilisation des smartphones. Puis, ensuite :
 - Dans un deuxième temps, la release 13 LTE du 3GPP a standardisé les fonctionnalités de type PMR ou PPDR (sécurité publique) avec l'utilisation possible de ces fonctionnalités sur les réseaux des opérateurs mobiles ou des réseaux dédiés (une partie de la bande 700 MHz pour le PPDR et la bande TDD 2,6 GHz pour la PMR).
 - Dans le futur, en utilisant les fonctionnalités 3GPP release 14 et 15 pour le C-V2X (Cellular V2X), une partie de la bande 5,9 GHz sera allouée pour le transport routier intelligent.

Assurons d'abord le succès du lancement 5G avec la release 15 du 3GPP en allouant les deux bandes pionnières de fréquences de la 5G (bandes 3400-3800 MHz et 26 GHz) aux opérateurs mobiles avec des autorisations individuelles nationales afin de permettre l'effet d'échelle nécessaire.

En particulier, évitons de fragmenter les bandes 3400-3800 MHz et 26 GHz avec des licences locales qui auraient pour conséquence d'amoindrir, voire de supprimer l'intérêt des opérateurs mobiles pour la 5G.

La technologie Network Slicing prévoit notamment de pouvoir répondre aux différents besoins des futurs services 5G, sur un unique réseau 5G. Dans ce cadre, l'offre de nouveaux services aux marchés verticaux, sur la base d'un réseau 5G opérateur mobile, sera possible.

Par conséquent, dans un deuxième temps, avec la release 16 du 3GPP, les opérateurs mobiles pourront fournir des services aux verticaux ainsi que les MVNO.

En complément, mais toujours dans un deuxième temps en bénéficiant de l'effet d'échelle créé par les opérateurs mobiles, des bandes de fréquences spécifiques pourront être allouées pour des réseaux spécifiques sur la base de besoins avérés.

Sur la base de besoins avérés, nous recommandons à l'Autorité de choisir dans l'avenir une nouvelle bande millimétrique pour des réseaux 5G privés afin d'éviter des interférences entre les différents réseaux locaux.

Ainsi, pour des besoins avérés, la bande 66-71 GHz ou partie de cette bande de fréquences pourrait constituer dans l'avenir une réelle opportunité pour des réseaux privés 5G pour les deux raisons suivantes :

- Comprend une très grande quantité de fréquences.
- Du fait de sa fréquence haute, cette bande de fréquences a une perte de pénétration à travers des bâtiments très importante permettant une excellente isolation de différents réseaux locaux et ainsi d'éviter des interférences.

Question n°7

Dans quelle mesure les spécificités de la 5G pourraient-elles faire émerger des opérateurs spécialisés sur certains services ? Pour quels types de services ? Avec quel modèle économique ? Avec quelles modalités d'accès au spectre ? Avec quelles modalités d'accès aux infrastructures de réseau ?

Réponse à la question n°7

La combinaison du cloud, de l'intelligence artificielle, de capteurs, objets et caméras, et de meilleures performances des réseaux des opérateurs mobiles 5G devrait pouvoir faire émerger de nouveaux acteurs, de nouvelles startups ou de nouveaux services pour des acteurs existants.

Voici différents exemples possibles de cette approche :

- Fourniture de service de type « cloud PC » ou « cloud office ».
- Fourniture de services de jeux en temps réel.
- Fourniture en général de services utilisant la réalité virtuelle et augmentée : ce domaine d'applications est immense, comme des applications d'aide à la maintenance, à la construction, au tourisme (animation virtuelle historique).
- Fourniture de services de surveillance de sites industriels, des forêts (prévention des feux), prévention des inondations, des désastres naturels en général.
- Fourniture de services autour de la ville intelligente avec de nouveaux opérateurs de données, véritables facilitateurs entre la ville et les fournisseurs de services spécialisés.

Ces nouveaux opérateurs spécialisés n'ont pas besoin de spectre mais d'une connectivité de qualité pour les services qu'ils fournissent, fournie par un opérateur mobile, ou un MVNO.

Question n°8

Le modèle MVNO peut-il contribuer à la dynamique concurrentielle et à l'innovation sur les services 5G ? Des dispositions favorisant l'accès d'acteurs tiers au spectre ou aux infrastructures de réseau 5G devraient-elles être prévues dans les futures autorisations ? Si oui, lesquelles ?

Réponse à la question n°8

Les MVNO ne disposent pas directement de spectre, mais ont une connectivité à l'infrastructure radio d'un ou plusieurs opérateurs mobiles qui leurs permettent de fournir des services innovants.

Les MVNO ont historiquement dynamisé le marché de la voix et des SMS, puis celui des données avec l'arrivée du LTE. Certains MVNO fournissent par exemple de la connectivité internet avec une même box en mode nomadique sur un ensemble important de pays. De plus les MVNO fournissant des services de type B2B ont continué à animer le marché dans le domaine de l'IoT, en fournissant en plus de la connectivité IoT un accès à des plates-formes de services pour la gestion de ces objets ainsi que des interfaces pour faciliter le développement d'applicatifs pour leurs clients.

Cette tendance devrait se confirmer avec la fourniture par les opérateurs mobiles de services de type slicing. Les MVNO se positionneront par exemple comme un facilitateur entre les opérateurs mobiles et les verticaux pour la fourniture de services à valeur ajoutée 5G.

Tout comme les MVNO ont pu fournir des services voix, SMS puis data, IoT, l'ensemble des services qu'ils peuvent fournir devrait pouvoir évoluer au rythme où les opérateurs mobiles implémentent dans leurs propres réseaux ces nouveaux services.

Question n°9

À quel horizon un déploiement de la 5G dans les bandes déjà attribuées (700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz FDD) est-il envisageable ?

Réponse à la question n°9

Le support par les équipements 5G sur les bandes déjà attribuées est prévu à l'horizon 2020. Il faut noter que la standardisation a prévu l'utilisation de la technologie 5G de manière simultanée à la technologie LTE en multiplexant ces 2 technologies sur une seule et même bande de fréquence. Dans ce cadre, il sera possible d'introduire le support de la technologie 5G sur les bandes 700MHz, 800MHz, 1800MHz, 2100MHz et 2600MHz FDD, sans nécessité d'éteindre le LTE. La bande 900MHz étant aujourd'hui occupée par les technologies GSM et UMTS, le support de la 5G par les équipements sur cette bande, sera vraisemblablement introduit plus tardivement.

Question n°10

Voyez-vous d'autres bandes de fréquences possibles pour le déploiement de la 5G ? À quel horizon ?

Réponse à la question n°10

Le RSPG dans sa deuxième opinion a identifié la bande 40,5-43,5 GHz (bande 42 GHz) ainsi que la bande 66-71 GHz comme une priorité à être étudiées pour la 5G. Le RSPG voit la bande 66-71 GHz comme ayant un potentiel à devenir une bande primordiale pour les services 5G dans le cadre d'autorisations générales.

Pour la conférence mondiale des radiocommunications 2019 (CMR-19), Huawei soutient l'identification des bandes de fréquences 37-43,5 GHz (40 GHz) pour la 5G ainsi que la bande 66-71 GHz.

Sur la base de besoins avérés, la bande 66-71 GHz ou une partie pourrait constituer une réelle opportunité pour des réseaux privés 5G pour les deux raisons suivantes :

- Comprend une grande quantité de fréquences.
- Du fait de sa fréquence haute, cette bande de fréquences a une perte de pénétration à travers des bâtiments très importante permettant une excellente isolation de différents réseaux locaux et ainsi d'éviter des interférences.

Question n°11

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 ?

Réponse à la question n°11

La demande en débit de données descendant étant généralement supérieure à la demande en débit de données ascendant, l'utilisation de la bande 738-753MHz en canalisation SDL pourrait apporter un complément en termes de débit et en capacité aux bandes pionnières 5G.

Cependant, faute d'intérêt marché confirmé à ce jour, la mise à disposition d'équipement dans cette bande n'est pas planifiée à court/moyen terme.

Question n°12

Quel calendrier de maturité envisagez-vous pour toutes les techniques d'amélioration des performances introduites avec la 5G listées ci-dessus ? Existe-t-il des contraintes liées aux bandes de fréquences pour déployer ces techniques ? Les niveaux de performances indiqués ci-dessus sont-ils pertinents ? En faut-il d'autres ? Pourquoi ?

Réponse à la question n°12

Nous reprenons les différentes techniques d'amélioration que nous commentons ci-dessous.

1. Débits

En ce qui concerne le débit, les deux nouvelles techniques majeures qui vont permettre d'offrir des débits fortement augmentés par rapport au LTE sont les suivantes :

a) Massive MIMO

Natif avec la 5G, le support du Massive MIMO sera introduit dans les équipements radio dès les premières versions commerciales 5G, c'est-à-dire en 2019.

Le Massive MIMO utilise la propriété de la réciprocité du canal afin de créer des faisceaux d'onde directifs (Beamforming). Cette réciprocité de canal est propre au mode TDD. Elle doit donc s'appuyer sur une bande de fréquence TDD.

Par conséquent, les déploiements du Massive MIMO ne sont prévus à ce jour que sur les bandes TDD 3400-3800 MHz, TDD 2600 MHz ou encore TDD 2300 MHz ainsi que les bandes à spectre millimétrique.

b) Canaux 5G larges bandes

La possibilité de canaux 5G beaucoup plus larges que les canaux LTE actuels, limités à 20MHz de largeur, permettra de multiplier significativement les débits ainsi que la capacité des réseaux 5G. Le support de ces canaux sera introduit dans les équipements radio dès les premières versions commerciales 5G, c'est-à-dire en 2019.

Ces canaux plus larges nécessitent la disponibilité d'une bande de fréquence large, et ne sont par conséquent envisagés dans un premier temps que sur la bande 3400-3800 MHz ainsi que les bandes à spectre millimétrique.

D'autres techniques permettront, dans une moindre mesure, d'améliorer l'efficacité spectrale et l'optimisation des débits. Parmi celles-ci, les techniques de coordination des ressources radio en bordures de cellules, déjà partiellement implémentées sur la technologie LTE, permettront d'éviter une chute importante des débits en bordures de cellules. Ces techniques de coordination sont prévues à partir de 2020.

D'autres techniques bien qu'envisagées par la standardisation ne sont pas encore planifiées. Parmi celles-ci, la gestion dynamique de la structure de la trame radio (TDD) pour s'adapter aux conditions de trafic, n'est pas envisagée à ce jour.

Pour référence, les débits descendant théoriquement atteignables sont les suivants :

Pour la bande 3400-3800MHz :

Hypothèses :

- DDDSU(10:2:2)
- 30kHz
- 64QAM
- 4 layers
- BLER = 0%

Débit utile théorique descendant :

- 40 MHz = 439 Mbps
- 60 MHz = 671 Mbps
- 80 MHz = 899 Mbps
- 100 MHz = 1.13 Gbps

Pour la bande FDD 700MHz :

Hypothèses :

- 15kHz
- 64QAM
- 2 layers
- BLER = 0%

Débit utile théorique descendant :

- 20 MHz = 147 Mbps

Pour la bande 26GHz :

Hypothèses :

- DDDSU(10:2:2)
- 120kHz
- 256QAM
- 4 layers
- BLER = 0%

Débit utile théorique descendant :

- 200 MHz = 3.414 Gbps
- 400 MHz = 6.829 Gbps
- 800 MHz (2*400 MHz) = 13.657 Gbps

2. Latence

En ce qui concerne la latence, au niveau des équipements radio, les gains apportés par la 5G proviendront essentiellement des améliorations et optimisations de l'acquittement des paquets radio. Ces améliorations seront supportées dans les équipements radio à partir de 2020-2021.

Par ailleurs, la standardisation 5G a prévu la possibilité d'une gestion dynamique de la structure de la trame radio (TDD). Il est trop tôt à ce jour pour indiquer à quel horizon, cette gestion dynamique sera implémentée. Il est à noter qu'au-delà du support de cette technique par les équipements 5G, la

cohabitation de différents réseaux 5G qui implémenterait une gestion dynamique des trames radio pourrait générer des interférences entre réseaux susceptibles d'affecter les performances en général.

Enfin, au-delà des améliorations apportées sur les équipements radio, il faut noter que les gains de latence proviendront également des évolutions d'architecture sur le Cœur de Réseau. Ces évolutions d'architecture permettront, pour certains services nécessitant une faible latence, d'être traités au plus vite, à l'inverse d'autres services n'ayant pas de contrainte de latence particulière.

Du fait de ces nécessaires évolutions au niveau Cœur de Réseau, l'optimisation de latence bout en bout sur les réseaux 5G ne pourra être mise en œuvre que de manière progressive, et donc bien au-delà des dates citées ci-dessus.

3. Densité de connectivité

Il est trop tôt pour se positionner sur une échéance de maturité en ce qui concerne les évolutions prévues par la 5G pour les communications de type Massive MTC. Les équipements qui implémentent ces évolutions ne pourront être disponibles avant 2021, compte-tenu des dates de standardisation. Par ailleurs, il n'y a pas encore de visibilité sur une disponibilité de terminaux intégrant ces évolutions à cet horizon 2021.

4. Fiabilité

Les techniques destinées à fiabiliser les transmissions 5G sont actuellement à l'étude dans le cadre de leur standardisation (Points d'étude en Release 16).

La mise à disposition de ces techniques dans les équipements suivra le calendrier d'introduction des services et usages qui en auront besoin. A ce jour, ce calendrier n'est pas consolidé.

Question n°13

Quels sont les principaux avantages et inconvénients des trois solutions de déploiement (NSA avec cœur 4G, NSA avec cœur 5G et SA avec cœur 5G) ? Quels sont les impacts des trois solutions sur l'amélioration des performances attendues ? En fonction de la maturité de l'écosystème, à quel horizon le déploiement d'un cœur 5G est-il envisageable ? Quel est l'horizon pour permettre de rentabiliser les investissements consentis dans les différents scénarii ?

Réponse à la question n°13

1. Non Stand Alone, Cœur 4G

Cette architecture permet rapidement d'offrir de nouveaux services 5G type eMBB, en déployant de nouvelles stations de bases 5G mais en s'appuyant sur le Cœur de Réseau existant (Cœur 4G). C'est l'architecture qui est prévue d'être adoptée majoritairement pour le démarrage de la 5G par les opérateurs ayant déjà un réseau LTE déployé.

Avantages :

Débits : Les débits théoriques offerts seront maximisés en agrégeant les débits LTE et les débits 5G.

Mobilité : La mobilité étant gérée par le réseau LTE, seule une couverture radio LTE continue est nécessaire avec cette architecture. Une couverture 5G NR non continue ne générera pas de transitions inter-systèmes qui peuvent dégrader la qualité de service perçue par le client.

Inconvénients :

Latence : Avec cette architecture, les améliorations en latence ne seront que très limitées.

Slicing : Non supporté par cette architecture.

Temps d'établissement d'appel de 4G vers 5G plus long qu'en 5G.

2. Non Stand Alone, Cœur 5G

Cette architecture nécessite le déploiement d'un Cœur de Réseau 5G et le déploiement de nouvelles stations de base 5G. Elle continue de s'appuyer sur le réseau d'ancrage 4G. Cette architecture permettra, dans une certaine mesure, d'offrir de nouveaux services et usages 5G autres que eMBB.

Avantages :

Débits : Les débits théoriques offerts seront maximisés en agrégeant les débits LTE et les débits 5G.

Mobilité : La mobilité étant gérée par le réseau LTE, seule une couverture radio LTE continue est nécessaire avec cette architecture. Une couverture 5G NR non continue ne générera pas de transitions inter-systèmes qui peuvent dégrader la qualité de service perçue par le client.

Ouverture vers les nouveaux usages nécessitant un Cœur de Réseau 5G. Les améliorations seront cependant limitées par le fait que les stations de base LTE restent le point d'ancrage.

Inconvénients :

Slicing : Le support du Slicing pour cette architecture reste à confirmer.

Complexité du réseau : nécessité d'ajouter de nouvelles interfaces sur la station de base LTE et de gérer la signalisation 5G.

Temps d'établissement d'appel de 4G vers 5G plus long qu'en 5G.

3. Stand Alone, Cœur 5G

Cette architecture nécessite le déploiement d'un Cœur de Réseau 5G type et le déploiement de nouvelles stations de base 5G. Une couverture continue 5G NR est nécessaire dans ce cas pour assurer de la continuité de service 5G.

Cette architecture permettra d'offrir toute la palette de nouveaux services et usages 5G tels que prévus par la standardisation.

Ce scénario de déploiement est à envisager à long terme compte tenu des 2 prérequis suivants :

- Déploiement d'un nouveau Cœur de Réseau 5G, incluant la nécessité de distribuer ce Cœur de Réseau afin d'optimiser les différents services qu'il est amené à supporter.
- Couverture radio 5G continue.

A noter que l'option 4 (Stand Alone Option 4) prévoit de garder l'interaction avec la station de base LTE, à la différence de l'option 2 (Stand Alone Option 2) qui prévoit un réseau 5G complètement indépendant.

Avantages :

Débits : Les débits offerts seront maximisés en agrégeant les débits LTE et les débits 5G (Option 4 uniquement).

Ouverture vers tous les nouveaux usages nécessitant un Cœur de Réseau 5G, incluant URLLC, mMTC et le Slicing.

Temps d'établissement d'appel plus court.

Inconvénients :

Débits : Les débits offerts seront limités aux débits 5G car il n'y aura pas de possibilité d'agréger les débits LTE et les débits 5G (Option 2 uniquement).

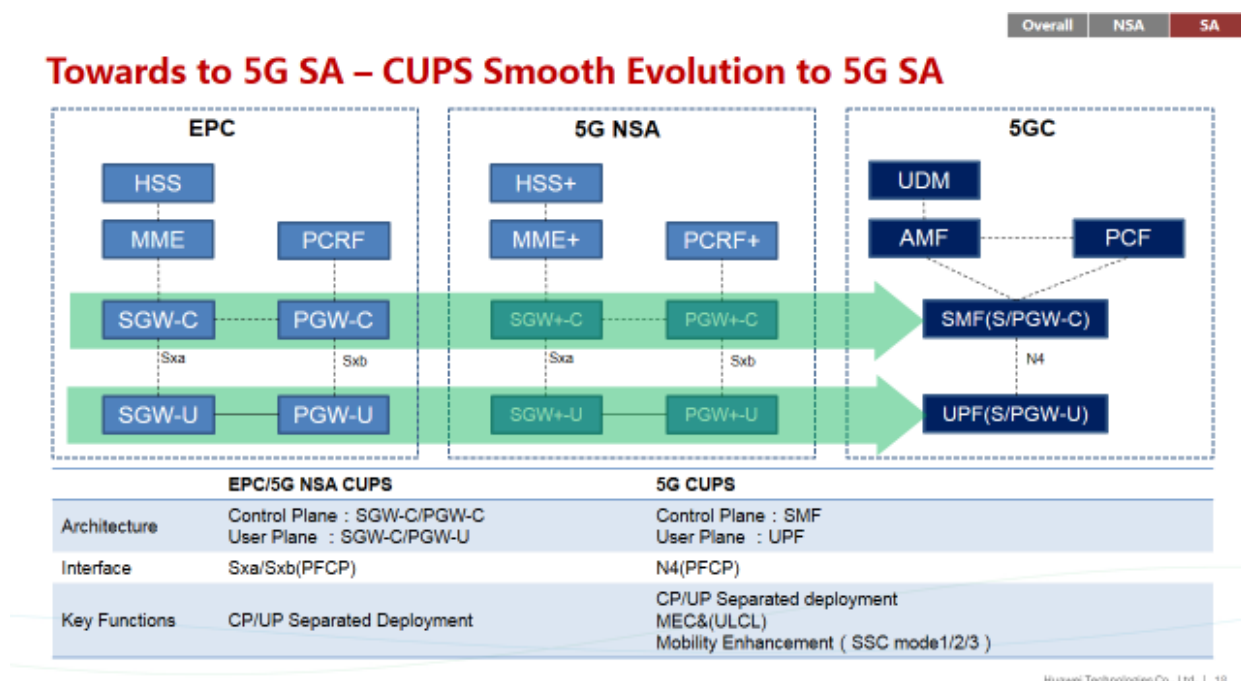
Couverture Radio : Une couverture 5G NR continue est requise. La mobilité vers une zone sans couverture 5G NR nécessitant une transition inter-système qui introduit délai et signalisation supplémentaire.

Question n°14

S'agissant de MVNO disposant de leur propre cœur de réseau (« Full-MVNO »), quels sont les prérequis techniques nécessaires, côté opérateur hôte et côté Full-MVNO, pour qu'ils puissent être accueillis sur un réseau radio à ultra haut débit mobile ? Ces prérequis diffèrent-ils selon l'architecture de l'opérateur hôte (SA ou NSA) et le cœur de réseau du Full-MVNO (4G ou 5G) ?

Réponse à la question n°14

Le cœur de réseau des opérateurs mobiles va suivre les différentes étapes indiquées ci-dessous afin d'évoluer vers la 5G.



Un « Full-MVNO » dispose à ce jour d'un cœur de réseau avec les éléments fonctionnels suivants : PGW (passerelle de données), HSS (base de données utilisateurs), une passerelle de facturation et éventuellement un PCRF (Fonctions de contrôle des politiques et de la tarification).

Afin d'évoluer vers la 5G, le « Full-MVNO » peut suivre les mêmes étapes que les opérateurs mobiles pour leurs cœurs de réseau afin de notamment intégrer l'autorisation pour les utilisateurs de faire de la 5G, une qualité de service étendue, de larges débits par abonné et la tarification correspondante. Cette approche comprend les deux étapes suivantes :

- 5G NSA : Evolution en PGW+, HSS+ et PCRF+ et évolution de la tarification correspondante
- Evolution vers le Cœur de réseau 5G avec PGW, AMF/UDM (Authentification/User Data Management et PCF (Fonctions de contrôle des politiques).

Une autre approche des MVNO pour la 5G devrait être également possible en utilisant les fonctions de « network slicing » fournies par les opérateurs mobiles en se connectant à leurs fonctions de « Slice Manager ».

Question n°15

En tant qu'opérateur, prévoyez-vous d'héberger sur votre réseau des fonctions fournies par des utilisateurs (virtual network function, multi-access edge computing...) pour satisfaire les besoins en services spécifiques de ceux-ci ? Si oui, sous quelles conditions ? À quelle échéance ? Si non, quel(s) obstacle(s) voyez-vous à un tel hébergement ?

Réponse à la question n°15

Pas de réponse à cette question.

Question n°16

Identifiez-vous d'autres solutions de déploiement de la 5G ? Dans quelle mesure les satellites ou les HAPS peuvent-ils être complémentaires aux réseaux 5G terrestres ?

Réponse à la question n°16

A ce jour, considérant les dates cibles des réseaux 5G, nous n'identifions pas de technologies alternatives concurrentes ou complémentaires à ces échéances.

Question n°17

Quelles sont les performances requises pour assurer la collecte des stations de base avec l'introduction de la 5G ? Quelle est votre perception des différences de performance entre une collecte filaire (notamment en fibre optique) et une collecte radio ? Identifiez-vous des freins à lever pour permettre cette collecte ?

Réponse à la question n°17

Quelles sont les performances requises pour assurer la collecte des stations de base avec l'introduction de la 5G ?

Dans le tableau ci-dessous, nous avons indiqué par typologie de site radio (urbain, péri-urbain, rural) les ordres de grandeur de performances requises pour assurer la collecte des stations de base 4G/4,5G, puis pour introduire la 5G (en plus de la 4,5G sur le même site radio). Ces valeurs pourront varier d'un opérateur à l'autre, et aussi pour des hot spots spécifiques.

Cas	Distance	4G	4,5G	5G en 2020	5G en 2022	5G 2025+
Urbain	< 2km	500 Mbps	1 Gbps	2 Gbps	4 Gbps	10 Gbps
péri-urbain	2-7 km	250 Mbps	500 Mbps	1 Gbps	2 Gbps	4 Gbps
Rural	>7km	100 Mbps	250 Mbps	500 Mbps	1 Gbps	2 Gbps

Quelle est votre perception des différences de performance entre une collecte filaire (notamment en fibre optique) et une collecte radio ? Identifiez-vous des freins à lever pour permettre cette collecte ?

Comme évoqué dans le white paper rédigé par l'ETSI "*etsi_wp25_mwt_and_5g_FINAL*" (*1), toutes les solutions sont détaillées dans ce document qui résume les défis des besoins de capacité de la technologie 5G avec les technologies Microwave et Millimétrique. Ce document décrit également les régulations de spectre et les ressources de licences requises pour cette nouvelle génération de réseau.

Le document "*RSPG15-607 - RSPG Report on Spectrum issues on Wireless Backhaul*" (*2) rappelle que le déploiement de la fibre optique vers les stations de bases en zone rurale et péri-urbaine restera difficile opérationnellement et économiquement dans le cadre de cette nouvelle technologie mobile de 5^{ème} génération (5G).

L'utilisation de collecte par faisceaux hertziens restera une solution adaptée à la nouvelle technologie 5G permettant d'atteindre les performances de débit et de latence nécessaires au déploiement de la 5G dans les réseaux des opérateurs.

Comme évoqué dans cette consultation, avec l'arrivée des bandes de fréquences radio 700 MHz, 1,4 GHz, 3,5 GHz et 26 GHz pour la nouvelle technologie mobile de 5^{ème} génération (5G), la bande de spectre radio utilisée pour chaque station de base va augmenter massivement. En conséquence, les faisceaux hertziens existants vont être impactés et les nouvelles installations vont devoir évoluer afin de suivre cette évolution de débit des stations de base. Une des conséquences majeures dans le cadre de l'arrivée de cette nouvelle technologie est la montée en capacité des flux transportés avec les faisceaux hertziens suite aux nouveaux services proposés par la 5G.

Afin d'atteindre ces objectifs de débit, la mise à disposition d'un grand nombre de larges canalisations dans les bandes de fréquences de 6 à 38 GHz utilisées par les faisceaux hertziens est planifiée. L'ARCEP a déjà mis à disposition des nouvelles canalisations de 110/112 MHz lors la dernière décision 17-1332. Les nouvelles canalisations se trouvent dans les bandes de fréquences 18/26/32/38 GHz. Dans cette même décision, la mise à disposition des canalisations d'un (1) et deux (2) GHz dans la bande 71-80 GHz (bande E) permettra d'effectuer la collecte dans les zones denses.

Afin d'accompagner cette tendance avec des larges débits, plusieurs solutions de collecte par faisceaux hertziens sont envisageables :

- L'utilisation de nouvelles modulations de 1024 QAM à 8192 QAM.
- L'utilisation de la fonction XPIC (Cross-Polarization Interference Cancellation) en Co-Channel Dual-Polarization (CCDP).
- L'utilisation de la fonction MIMO (Multiple-Input Multiple-Output).
- La combinaison des bandes de fréquences classiques (6 ~ 38 GHz) avec la bande millimétrique 71-80 GHz (Système Bi-bande appelé chez Huawei : Super Dual band).
- La combinaison de deux bandes de fréquences classiques (6 ~ 38 GHz).
- L'utilisation d'une canalisation de 2 GHz dans la bande de fréquences 71-80 GHz.
- L'aggregation de plusieurs canalisations de 112 MHz sur une même bande de fréquences classiques (11 ~ 38 GHz).

L'utilisation de la bande de fréquences 26 GHz pour les stations de base aura un impact sur les opérateurs mobiles en France avec les différents points suivants qui nous paraissent importants :

- Dans ce cadre, Huawei considère que la mise à disposition de la canalisation 112 MHz dans la bande 23 GHz utilisée par les faisceaux hertziens pourrait aussi être ouverte dès maintenant. Ainsi les opérateurs pourraient trouver une alternative de réaffectation fréquentielle de leurs faisceaux hertziens existant dans la bande 26 GHz vers les bandes de fréquences 23 et 32 GHz.
- D'autre part, les cellules macros radio 26 GHz demanderont une collecte de trafic importante. L'utilisation d'une canalisation de 500 MHz, 1 et 2 GHz dans la bande de fréquences 71-80 GHz deviendra une demande classique chez chaque opérateur afin de collecter les données provenant de ces stations radio. L'utilisation de ces trois canalisations dans la bande de fréquences 71-80 GHz sera étroitement liée au cout financier annuel de la redevance. Huawei suggère une révision des frais d'utilisation de ces canalisations de 500 MHz, 1 et 2 GHz afin de contribuer à l'utilisation massive de ces canalisations larges dans la bande de fréquences 71-80 GHz par les opérateurs mobiles qui sont nécessaires pour les réseaux de collectes FH des stations de base 5G.

Afin d'accroître le nombre de bandes de fréquences avec des larges canalisations, Huawei suggère aussi la mise à disposition de la canalisation 80 MHz dans la bande 11 GHz.

La bande D (130 à 174.8 GHz) récemment réglementée par la *recommandation ECC (18)01 (*3)*, fournit également un total de 30,75 GHz pour les liaisons hertziennes de collecte ou fronthaul. Cette bande de fréquences est organisée en 123 canaux et d'une largeur de canal égale à 250 MHz, qui peuvent être groupés ensemble sans borne supérieure. Dans le futur à 5 ans, cette bande de fréquences fournira des liens de 100 Gbit/s jusqu'à 1 km de longueur, couvrant parfaitement les scénarios urbains denses et ultra-denses.

Avec la bande 90 GHz – bande W (92-115 GHz - $CB_{max} = n \times 250 \text{ MHz}$), il est possible d'utiliser des canaux larges, qui pourraient prendre en charge le déploiement de petites cellules en fournissant suffisamment de spectre à l'infrastructure de collecte pour répondre à la demande liée à l'augmentation du trafic de données généré par le haut débit. La mise à disposition de nouvelles bandes de fréquences ci-dessus et des largeurs de bande de canaux plus larges (exemple : 224 MHz) est aussi une bonne piste pour l'utilisation des faisceaux hertziens avec la nouvelle technologie mobile 5G dans le futur à moyen terme. Un groupe de travail étudie ces sujets au niveau de la **CEPT SE 19 (WI 40)**.

La mutualisation/agrégation d'une bande de fréquences classiques (6 ~ 38 GHz) avec la bande millimétrique 71-80 GHz sur un même faisceau hertzien (Système Bi-bande) devra être pris en compte lors des demandes d'allotissement de fréquences comme une excellente façon de satisfaire les exigences 5G en termes de capacité et de latence. En complément, les outils utilisés devront être adaptés dès maintenant à cette configuration pour affecter les canaux de fréquences par faisceau hertzien.

Actuellement le prix des redevances par licence est calculé par canalisation, par bande de fréquences et par faisceau hertzien de façon linéaire. L'arrivée de la technologie 5G entraînera un doublement ou un triplement des besoins de canaux de fréquences par faisceau hertzien.

Ainsi, avec le schéma actuel du calcul du prix de redevances, le cout financier de licences de faisceaux hertziens sera un frein important au déploiement de FH avec de larges bandes mettant à risque le succès de la 5G en France.

De plus, Huawei considère que les deux mesures suivantes seraient clairement nécessaires afin de faciliter les investissements de collecte par faisceaux hertziens et devraient être mises en place dès à présent pour la préparation des réseaux avec la technologie mobile 5G :

- La première mesure serait dans le cadre de **l'utilisation de la fonction XPIC (cross polar) sur une même canalisation**. Cette fonction pourrait être considérée comme une optimisation de la bande de fréquences sur le site d'installation. En conséquence, une optimisation du cout financier sur la licence du faisceau hertzien pourrait être obtenue.

- La deuxième mesure serait de **favoriser l'investissement et l'utilisation des licences pour les systèmes Bi-bande** ; un faisceau hertzien avec une bande de fréquences classique (6 ~ 38 GHz) ajouté à une bande millimétrique 71-80 GHz (par exemple la bande 23 GHz plus la bande E) serait une incitation importante pour les investissements de collecte avec la technologie 5G.

En résumé, voici les améliorations principales que nous proposons à l'Autorité pour les réseaux de collecte des stations de base 5G réalisés à l'aide de faisceaux hertziens :

- Permettre le déploiement des canaux FH plus larges dans la mesure du possible.
- Adapter le prix des redevances des licences FH en tenant compte du besoin très important de fréquences FH, et cela afin d'éviter que le cout financier de faisceaux hertziens large bande mette à risque le succès de la 5G en France.
- Simplifier l'octroi de licences pour des solutions innovantes telles que MIMO, multicanaux, multi-bande, et être considéré comme un lien unique au lieu d'une collection de liens différents.
- Promouvoir l'efficacité spectrale en considérant la deuxième polarisation de la transmission CCDF non comme un canal entièrement indépendant (très peu susceptible d'être utilisé dans la même zone que la première polarisation).
- Introduire de nouvelles bandes de fréquences à larges bandes (bandes de fréquences D et W).

Dans le tableau ci-dessous, nous avons résumé par typologie de site radio (urbain, péri-urbain, rural) les ordres de grandeur de performances requises pour assurer la collecte des stations de base 4G/4,5G, ainsi que les différentes solutions correspondantes utilisant des faisceaux hertziens.

5G Capacity	Scenario	Distance	4G 2018	4G 2019	5G 2020	5G 2022	5G 2025+
	Urbain	<2Km	500Mbps	1Gbps	2Gbps	4Gbps	10 Gbps
			bande E XPIC aggregation multi bandes		Bande E MIMO XPIC Aggregation multi bandes (Système Bi-bande)	Bandes E et D MIMO XPIC Aggregation multi bandes (Système Bi-bande)	Bandes E, D et W MIMO XPIC Aggregation multi bandes (Système Bi-bande)
	Péri Urbain	2-7Km	250Mbps	500Mbps	1Gbps	2Gbps	4 Gbps
			Multi canaux bande E XPIC		Multi canaux (6-38 GHz) bande E MIMO XPIC Aggregation multi bandes (Système Bi-bande)	Multi canaux (6-38 GHz) bande E MIMO XPIC Aggregation multi bandes (Système Bi-bande)	Multi canaux (6-38 GHz) bande E MIMO XPIC Aggregation multi bandes (Système Bi-bande)
	Rural	>7Km	100Mbps	250Mbps	500Mbps	1Gbps	2 Gbps
			Multi canaux MIMO XPIC		Multi canaux (6-38 GHz) MIMO XPIC aggregation multi bandes (Système Bi-bande)	Multi canaux (6-38 GHz) MIMO XPIC aggregation multi bandes (Système Bi-bande)	Multi canaux (6-38 GHz) MIMO XPIC aggregation multi bandes (Système Bi-bande)

Documents référencés dans cette question :

- (1) https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp25_mwt_and_5g_FINAL.pdf
- (2) http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RSPG15-607-Final_Report-Wireless_backhaul.pdf
- (3) <https://www.ecodocdb.dk/download/a5533f97-5a92/Rec1801.pdf>

Question n°18

Quel est l'impact des types d'environnement (urbain, péri-urbain, rural) sur la couverture 5G en bande 3,5 GHz ? Quel pourcentage de la population cette bande permettrait-elle de couvrir au regard des différentes considérations (portée, coûts, opportunité, etc.) et à quel horizon ?

Réponse à la question n°18

Grâce au MIMO massif avec l'introduction d'antennes actives dans le réseau de type 32T32R ou 64T64R, la couverture de la 5G NR dans le sens descendant est similaire à la couverture actuelle du 1800 MHz. Afin de disposer également d'une couverture similaire au 1800 MHz dans le sens montant, il est nécessaire de combiner le sens montant dans la bande 3400-3800 MHz avec une fréquence basse (comme le 700 MHz, 1800 MHz ou 2100 MHz).

Les systèmes actifs 5G NR de type 32T32R ou 64T64R dans la bande 3400-3800 MHz combinés avec une fréquence basse dans le sens montant permettront la couverture et la capacité requise pour les zones urbaines (environnement urbain et péri-urbain) ainsi que les zones économiques.

Pour une couverture étendue de la population, les opérateurs mobiles pourront également mobiliser leurs fréquences basses déjà déployées ainsi qu'en rajoutant de la capacité avec la bande 1,4 GHz.

Question n°19

À quel horizon et pour quels services envisageriez-vous, le cas échéant, de mobiliser les fréquences dont vous disposez en bande 700 MHz ? En bandes 800 MHz et 900 MHz ? Les évolutions technologiques permettront-elles, avec les fréquences identifiées pour la 5G, d'apporter les débits supérieurs promis par la 5G sur une couverture plus étendue de la population ? Quelles solutions permettraient d'y parvenir ?

Réponse à la question n°19

Les bandes basses 700MHz, 800MHz et 900MHz ont un avantage sur la bande 3400-3800MHz en terme de propagation radio, et par conséquent en terme de couverture.

Cependant, la faible largeur de bande de ces bandes basses ne permet de les considérer qu'en complément de la bande 3400-3800MHz qui devra mettre à disposition une bande passante suffisamment large pour autoriser une véritable disruption par rapport à la technologie LTE. Ces bandes basses permettront alors d'apporter un complément de capacité et de débit ainsi qu'un complément de couverture.

Les gains d'efficacité de la 5G par rapport à la 4G seront limités dans les fréquences 700/800/900 MHz dû au fait que le MIMO massif n'est pas possible dans ces fréquences sur la base de nos connaissances à ce jour. Des services nécessitant peu de débit mais nécessitant les gains en latence, en fiabilité ou en densité de connectivité, pourront quant à eux bénéficier directement d'une 5G déployée sur ces bandes basses.

A noter que la standardisation a prévu l'usage simultané en LTE et en 5G des bandes LTE actuelle comme le 700MHz, 800MHz ou 900MHz. Dans ce cadre, il sera possible d'introduire le support de la technologie 5G sur les bandes 700MHz, 800MHz, ou 900MHz, sans nécessité d'éteindre le LTE. La bande 900MHz étant aujourd'hui occupée par les technologies GSM et UMTS, le support de la 5G par les équipements sur cette bande, sera vraisemblablement introduit plus tardivement.

Question n°20

Quelles seraient les bandes de fréquences les plus adaptées pour respecter, le cas échéant, une obligation de couverture étendue de la population en 5G ?

Réponse à la question n°20

Y compris pour une couverture étendue de la population, il sera nécessaire d'augmenter la capacité du réseau par rapport à l'existant afin de tenir compte de la croissance exponentielle du trafic en données, phénomène qui sera encore renforcé par les nouveaux usages apportés par la 5G.

Afin de disposer de ce surplus nécessaire de capacité pour une couverture étendue de la population, l'opérateur va disposer de plusieurs solutions complémentaires :

- Le refarming en 5G NR des fréquences basses utilisées en 3G et LTE : cette solution va permettre un gain capacitaire grâce à la meilleure efficacité spectrale de la 5G NR, mais ce gain ne sera pas suffisant pour absorber l'augmentation exponentielle du trafic de données.
- L'opérateur pourra déployer en complément des équipements dans la bande 3400-3800 MHz adaptés à la demande de capacité (qui pourront par exemple être de type 8T8R). Afin d'obtenir une bonne performance dans le sens montant, il est nécessaire de combiner le sens montant dans la bande 3400-3800 MHz avec une fréquence basse supplémentaire (comme le 700 MHz, 1800 MHz ou 2100 MHz).
- Toujours pour augmenter la capacité, l'opérateur disposera aussi de la bande 1,4 GHz qui est une fréquence basse permettant aussi une large couverture. La bande 1,4 GHz étant une fréquence de type SDL (Supplemental Downlink), il est nécessaire de l'apparier avec une bande de fréquences basses FDD (comme le 700 MHz).

Les fréquences 3400-3800 MHz et 1,4 GHz combinées avec les fréquences basses doivent ainsi permettre un déploiement de couverture étendue de la population en 5G.

Question n°21

Quelles pourraient-être les obligations spécifiques d'un réseau (obligations de couverture ou autres mécanismes) dans les bandes de fréquences 26 GHz et 1,4 GHz ? Avec quel calendrier ?

Réponse à la question n°21

Comme indiqué dans la réponse précédente, la 5G NR déployée avec les bandes de fréquences 3400-3800 MHz et 1,4 GHz avec des fréquences basses refarmées doivent permettre une couverture étendue de la population tout en permettant les gains de capacité nécessaires à chaque type de zone (urbaine, péri-urbaine, rurale, économique).

La fréquence 26 GHz va permettre de gérer des lieux spécifiques à très fort trafic (outdoor ou indoor) dans une logique de rajout de capacité par rapport à des fréquences déjà déployées. Chaque opérateur aura son propre rythme de déploiement de la fréquence 26 GHz en rajoutant de la capacité 5G quand et où nécessaire. Définir à l'avance des obligations avec un calendrier précis, ou des lieux précis où devrait être déployée la bande de fréquences 26 GHz apparaît donc peu adapté pour cette bande de fréquences.

Question n°22

Une date de fourniture d'un service 5G générique devrait-elle être fixée ? Laquelle ?

Réponse à la question n°22

Dans l'analyse des causes favorisant la disponibilité de la 5G, il faut à notre avis intégrer les éléments clés suivants :

- La logique du marché avec une concurrence entre les opérateurs mobiles pour la fourniture de meilleurs services grâce notamment à un réseau 5G plus performant.
- Les décisions de régulation permettant de favoriser le déploiement de la 5G comme la mise à disposition de suffisamment de ressources radio, des bandes de fréquences totalement disponibles pour la 5G, la possibilité de partager des infrastructures passives comme les piliers, terrasses, le partage d'infrastructures actives pour la couverture des zones moins denses etc
- Des mesures réglementaires pour compléter la logique de marché, notamment pour éviter la fracture numérique. Ces mesures viennent dans un deuxième temps, à la lumière de la réalité du marché. Les exemples passés de la couverture des zones blanches et du « new deal » s'inscrivent dans cette logique.

L'innovation industrielle, les décisions de l'Autorité pour faciliter la 5G, la concurrence entre les opérateurs mobiles, l'adoption des nouveaux usages par le grand public, les entreprises, la construction de nouveaux écosystèmes sont les éléments structurants pour assurer le succès de la 5G.

Des éléments de performance la latence, la fiabilité et plus généralement la fourniture de services de type temps réel, la densité maximum de connectivité, la QOS du réseau, la capacité à « slicer » le réseau pour fournir des services aux verticaux vont permettre aux opérateurs de se différencier dans le cadre de stratégies et modèles d'affaire différents.

A notre avis, l'implémentation de ces éléments de performance permettant aux opérateurs mobiles de se différencier s'inscrit dans une logique de marché qui ne devrait pas être réglementée à travers des obligations.

Dans ce sens-là, nous ne souscrivons pas au service 5G générique défini comme un ensemble d'obligations reprenant toutes les performances de la 5G.

Mais dans le cadre d'une information transparente pour le grand public et les entreprises, l'Autorité pourra accompagner la logique du marché en publiant différents indicateurs représentatifs des performances 5G des différents réseaux des opérateurs mobiles.

En conclusion, pour tous les éléments de performances de la 5G, nous pensons qu'une logique de régulation par la donnée et l'information transparente est plus adaptée qu'une logique d'obligations multiples.

Question n°23

Dans le cas où un titulaire disposant déjà d'un réseau mobile serait lauréat de la future procédure, l'obligation de fournir le service 5G à une date donnée devrait-elle porter sur tout ou partie des sites de son réseau actuel ?

Réponse à la question n°23

La réponse est liée à l'objectif que l'on se donne pour la 5G :

- Les débits réalisés avec des solutions de type MIMO massif seront atteints avec la bande 3400-3800 MHz en combinaison avec une fréquence basse pour un meilleur sens montant en réutilisant les sites macros des opérateurs des zones urbaines (environnement urbain et péri-urbain) ainsi que les zones économiques.
- Dans le cadre d'une couverture étendue de la population, et afin d'éviter la fracture numérique entre les zones denses et moins denses, l'ensemble des sites est nécessaire (voir aussi réponse à la question 20).

Question n°24

Une date de fourniture de services 5G évolués reposant sur les fonctionnalités du network slicing devrait-elle être fixée ? Laquelle ?

Réponse à la question n°24

A notre avis, la date de la fourniture de services sur la base du network slicing ne devrait pas être réglementée car la fourniture de tels services s'inscrit dans la logique de la concurrence entre les opérateurs mobiles et de la différenciation de ceux-ci sans nécessité de définir des obligations. De plus la date ou un écosystème mature est prêt pour accueillir ce type d'offres n'est pas connue.

Question n°25

Dans quelle mesure et pour quel(s) service(s) une couverture 5G des axes de transports, tels que définis dans les autorisations actuelles, vous semble-t-elle appropriée ? À quel(s) horizon(s) ? Convient-il de spécifier des niveaux de service à atteindre ? Si oui pourquoi et lesquels ? Quel en serait le coût ?

Réponse à la question n°25

La situation des axes de transport est la suivante:

- La capacité nécessaire des sites radio est moindre que dans les zones denses et économiques.
- La couverture requise est bien plus importante.
- Augmenter les débits drastiquement est très difficile.

Les débits pourront être graduellement augmentés en :

- introduisant la 5G NR dans les fréquences basses en bénéficiant du gain d'efficacité spectrale de la NR,
- déployant la bande 1,4 GHz,
- en utilisant également la bande 3 400-3 800 Mhz dans les endroits demandant le plus de trafic.

Le régulateur pourra aussi autoriser le RAN sharing en mode MOCN pour augmenter les débits.

Question n°26

Vous paraît-il nécessaire de prévoir une obligation de couverture pour d'autres d'axes de transport ? Pour quels niveaux de service et à quelle échéance ? Pourquoi ? Quel en serait le coût ? Quelles bandes de fréquences vous paraissent adaptées à ces fins ?

Réponse à la question n°26

Pas de réponse à cette question.

Question n°27

Quels critères d'utilisation effective du spectre apparaissent comme les plus pertinents ? Ces derniers doivent-ils être spécifiques à chaque bande ou génériques, et pourquoi ? Avec quels mécanismes de vérification ? Selon quel délai ?

Réponse à la question n°27**Quels critères d'utilisation effective du spectre apparaissent comme les plus pertinents ?**

Le critère d'utilisation effective du spectre qui nous paraît le plus pertinent est la mesure du débit, car le débit est directement relié à la quantité de spectre qui est modulé (par la station de base dans le sens descendant, par le terminal dans le sens montant).

Ces derniers doivent-ils être spécifiques à chaque bande ou génériques, et pourquoi ?

Deux approches sont effectivement possibles qui sont guidées par des motivations différentes :

- Une approche purement technique : pour vérifier précisément qu'une bande de fréquences a été déployée en utilisant de la 5G : en fonction de la bande de fréquences, de la largeur de bande allouée à l'opérateur mobile, du format de trame choisi dans le cas du TDD, le débit maximal UL et DL est connu.
- Une approche guidée par une notion de service 5G à fournir y compris pour une couverture étendue de la population avec les différentes fréquences dont dispose l'opérateur.

Avec quels mécanismes de vérification ? Selon quel délai ?

Dans les deux approches, un terminal de test est utilisable pour vérifier le débit.

Question n°28

En tant qu'acteur « vertical », seriez-vous prêt à construire un réseau en propre avec les fréquences mises à disposition par un titulaire et dans quelles conditions ? Sur quel périmètre géographique ? Sur quelle bande ? Comment prendre en compte les enjeux concurrentiels dans ce cas ?

Réponse à la question n°28

Pas de réponse à cette question.

Voir nos commentaires sur la question 6.

Question n°29

En tant qu'opérateur, comment pourriez-vous répondre aux demandes raisonnables de service des verticaux dans les zones non couvertes ou lorsque le réseau déjà déployé n'a pas les performances requises ? Quelles seraient les contraintes techniques et les enjeux d'une cohabitation sur une même fréquence de réseaux exploités par différents acteurs ?

Réponse à la question n°29

Nous souhaitons apporter un éclairage technique à la dernière question posée :

Quelles seraient les contraintes techniques et les enjeux d'une cohabitation sur une même fréquence de réseaux exploités par différents acteurs ?

Un « vertical » suffisamment important pour se positionner pour déployer son propre réseau 5G est une entreprise composée d'un certain nombre de bâtiments pour des bureaux, des parties plus industrielles pour son activité spécialisée (hangars de stockage, lieux d'assemblage, de fabrication, production d'énergie) avec une partie outdoor pour l'accès à ces bâtiments, les parkings, les livraisons de matériel, et aussi l'accueil de visiteurs extérieurs. Le besoin de couverture 4G à ce jour, et 5G demain est global à l'ensemble de l'entreprise aussi bien en outdoor que indoor pour l'ensemble de ses besoins.

En terme de couverture, avec sa partie outdoor, les accès aux bâtiments, les bureaux vitrés, y compris de grandes parties des bâtiments plus industriels ne sont pas isolés de la couverture macro fournie par les opérateurs mobiles par des sites radios environnant l'entreprise : les mêmes fréquences utilisées entre les sites macro de l'opérateur mobile et la couverture de l'entreprise vont générer des interférences qui empêcheront les mobiles de la flotte de l'entreprise et les mobiles de l'opérateur de fonctionner.

Un autre élément nous paraît rédhibitoire à la démarche mise à disposition des fréquences à un tiers dans l'objectif de la construction d'un nouveau réseau dédié: toute notre expérience sur la couverture indoor des bâtiments des entreprises nous montre qu'une couverture multi-opérateurs est demandée (et pas une couverture mono-opérateur) car l'entreprise souhaite notamment pouvoir accueillir des visiteurs extérieurs ou des entreprises partenaires.

La mise à disposition des fréquences d'un opérateur mobile pour la construction d'un nouveau réseau dédié ne répond pas à l'objectif de couverture multi-opérateurs des entreprises.

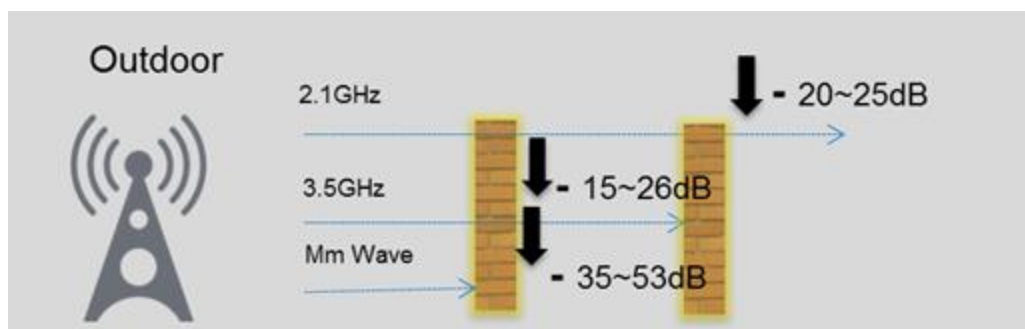
Question n°30

Quelles seront les performances de couverture de la 5G à l'intérieur des bâtiments, notamment par rapport aux réseaux actuels ? La 5G nécessitera-t-elle des équipements spéciaux de type « small cell » ou « Distributed Antenna System » (DAS) pour couvrir l'intérieur des bâtiments ? Les mêmes types d'engagement de couverture des bâtiments que ceux prévus dans le cadre de l'appel à candidatures pour l'attribution de la bande 2,1 GHz sont-ils pertinents pour la 5G ? Faudrait-il d'autres types de dispositions pour améliorer la couverture des bâtiments en 5G ?

Réponse à la question n°30

Le déploiement des réseaux 5G présente un défi pour la couverture à l'intérieur des bâtiments.

D'un côté, le signal à 3,5 GHz subit une perte allant de 15 à 26 dB quand il traverse un mur. Il est donc très difficile d'assurer une couverture à l'intérieur d'un bâtiment via un réseau macro. En comparaison avec la bande 2,1GHz, l'intensité du signal 3,5GHz est de 7,5 dB moins forte. Pour une iso-couverture, cela revient à déployer 4 fois plus de RRU et consommer jusqu'à 10 fois plus d'énergie.



Pour cette raison, la 5G nécessitera des dispositifs supplémentaires afin d'assurer la couverture à l'intérieur des bâtiments. Cette couverture se fera par le biais de solutions à base de répéteurs optiques actifs.

En effet, les systèmes DAS traditionnels ne pourront pas supporter une évolution vers la 5G sur les bandes hautes car les composants RF tels que combineurs, coupleurs, splitters et antennes ne sont pas conçus pour fonctionner sur des plages de fréquences hautes et introduisent une perte de signal trop importante.

D'un autre côté, les services indoor de la 5G exigent des réseaux futurs de prendre en charge un débit de 100Mbps en liaison descendante, une latence de 1 ms, une densité de trafic de 2,5Mbps/m² et une fiabilité de 99,999%. Les réseaux de nouvelle génération doivent également pouvoir prendre en charge un positionnement intérieur précis avec 1 connexion/m² et entre 1 et 3 m. Afin de relever ces défis considérables, les stratégies de construction des réseaux cibles 5G intérieurs doivent être définies suivant les points de vue technologiques suivants: MIMO 4T4R (Multiple-Input Multiple-Output) ou plus, expansion de capacité flexible, fiabilité du réseau, O&M efficace et un fonctionnement intelligent.

Question n°31

Au-delà du cadre existant, estimez-vous utile de prendre des mesures spécifiques en matière de partage de réseaux mobiles pour le déploiement de la 5G ? Si oui, lesquelles et pour quelles raisons ?

Réponse à la question n°31

Les zones urbaines (environnement urbain et péri-urbain) ainsi que les zones économiques ont besoin de forte capacité : la bande 3400-3800 MHz est adaptée à cet environnement dans un contexte de concurrence par l'infrastructure entre les opérateurs mobiles.

La situation des zones moins denses, dont les zones dites blanches est toute différente :

- La capacité nécessaire des sites radio est moindre.
- La couverture requise est plus importante.

Pour l'ensemble des zones moins denses, nous proposons à l'Autorité d'autoriser le partage des fréquences en mode MOCN de façon à pouvoir augmenter les débits et de permettre un service 5G de qualité pour une couverture étendue de la population.

Question n°32

Que pensez-vous d'un tel mécanisme d'attribution de droits d'utilisation conditionnels ? Que pensez-vous de l'obligation de fournir aux autres titulaires des informations sur les planifications d'utilisation d'un bloc dans un périmètre donné ? Quelles seraient les informations nécessaires ? Quelles seraient les conditions de bon fonctionnement d'un tel mécanisme (modalités opérationnelles, techniques, réglementaires, contractuelles) ?

Réponse à la question n°32

Le mécanisme d'attribution de droits d'utilisation conditionnels sur un périmètre pose le problème de la coexistence sur un même bloc de fréquences entre ce périmètre alloué à un opérateur et un autre opérateur couvrant un territoire autour de ce périmètre.

Toute application du mécanisme induit un nouveau problème complexe de type transfrontière, avec la nécessité d'établir une séparation géographique autour du périmètre sans aucune couverture 5G pour le bloc de fréquences considéré.

Outre l'extrême complexité d'ingénierie (et sans doute aussi de régulation) induite, un tel mécanisme générant des zones tampons sans utilisation de blocs de fréquences ne semble pas conforme à l'objectif initial de bonne utilisation des fréquences.

Question n°33

Dans le cas où existerait une restriction d'utilisation pour une partie de la bande, est-ce nécessaire de prévoir un dispositif permettant aux titulaires impactés par cette restriction d'avoir accès aux fréquences des autres titulaires ? Quelles en seraient les modalités ?

Réponse à la question n°33

De façon à assurer le succès du lancement de la 5G en France, il nous paraît très important d'allouer des bandes de fréquences contiguës. Ainsi, par exemple l'ensemble de la bande 3460-3800 MHz doit être allouée aux opérateurs mobiles avec comme prérequis de ne plus utiliser les bandes de fréquences BLR pour d'autres services.

En particulier, des mécanismes d'itinérance ou de partage de stations de base ne nous paraissent pas adaptés pour le lancement de la 5G pour les raisons suivantes :

- Mécanismes non adaptés dans le cadre du déploiement dans des zones urbaines et économiques alors que la concurrence par les infrastructures devrait être la règle.
- Complexité de mise en place du cadre contractuel, de son application et de l'ingénierie associée qui retarderait le lancement de la 5G en France.

Question n°34

Quel horizon est pertinent pour assurer la viabilité des plans d'affaires des acteurs ? Comment concilier prévisibilité pour les investissements et adaptation des obligations aux besoins futurs ? Avez-vous des suggestions sur la manière d'assurer une adaptation des obligations au regard du développement de la 5G ?

Réponse à la question n°34

Pas de réponse à cette question.

2.2 Partie 2. La bande 3,4 GHz - 3,8 GHz

Question n°35

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°35

Sur la base des techniques de filtrage connues à ce jour pour les systèmes AAS (Active Antenna System) utilisées notamment pour la 5G, le rapport ECC 281 indique qu'une bande de garde de 20 MHz est nécessaire ainsi que l'introduction de filtres pour assurer la coexistence avec les radars du ministère des armées utilisant les fréquences sous 3,4 GHz. Nous partageons cette conclusion pour les systèmes AAS prévus à ce jour dans notre feuille de route produits.

Question n°36

Voyez-vous un intérêt à obtenir une autorisation d'utiliser entre 2020 et 2026 des bandes de fréquences disponibles uniquement dans certains départements ? Quelles conditions de contiguïté géographique d'utilisation des blocs vous paraissent importantes ?

Réponse à la question n°36

Commentaires sur le chapitre 2.2.2

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

- En 2020, dans les zones urbaines et économiques, les réseaux des opérateurs disposant d'environ de 75 MHz de spectre au total dans le sens descendant commenceront à saturer. Ce sont les performances du LTE combinées à la disponibilité des smartphones et l'usage généralisé de la donnée dont la vidéo qui auront utilisé toutes les capacités fréquentielles disponibles dans le sens descendant, et cela en moins de 8 ans.
- **Les bandes 3400-3800 MHz et 1452-1492 MHz sont les dernières bandes disponibles dans le court et moyen terme permettant de la couverture des zones urbaines et économiques. Pour faire face à l'augmentation continue du trafic, il est donc impératif de réallouer dès 2020 une quantité équivalente de spectre dans le sens descendant soit en moyenne par opérateur:**
 - 10 MHz dans la bande 1452-1492 MHz.
 - 65 MHz dans le sens descendant dans la bande 3400-3600 MHz correspondant à $65 \times \frac{4}{3} (*) = \text{environ 85 MHz de TDD en moyenne par opérateur, soient 340 MHz au total pour l'ensemble des 4 opérateurs.}$
- Les opérateurs mobiles peuvent déjà réaliser de l'agrégation de nombreuses porteuses afin d'augmenter le débit pour les utilisateurs avec la 4,5G. Afin de justifier et motiver des investissements importants dans la 5G, un bond important dans les performances dans les débits pour de nouveaux usages est nécessaire, qui ne peut être réalisé qu'avec une quantité importante de fréquences 5G comme 80 à 100 MHz par opérateur mobile dans la bande 3400-3800 MHz.

Le succès de la 5G en France va se jouer sur la bande 3400-3800 MHz, et cela à son lancement en 2020 (et pas en 2026): il est donc primordial que l'Autorité prenne toutes les mesures adéquates et nécessaires pour cette bande de fréquences en finalisant leurs réalisations en 2020 (et pas en 2026).

(*) Exemple d'une trame DDDSU avec un ratio DL = $(3 \times 14 + 10) / (5 \times 14) = 3/4$ environ

Donc pour des raisons économiques (investissement des opérateurs mobiles) et techniques (besoin de fortes capacité des réseaux et de performances en débit), et afin d'assurer le succès de la 5G en France, il faut bien mettre à disponibilité des opérateurs mobiles l'ensemble de la bande 3460-3800 MHz en 2020 afin de disposer de 340 MHz au total dans cette bande de fréquences.

Voyez-vous un intérêt à obtenir une autorisation d'utiliser entre 2020 et 2026 des bandes de fréquences disponibles uniquement dans certains départements ? Quelles conditions de contiguïté géographique d'utilisation des blocs vous paraissent importantes ?

Quelques éléments techniques nous paraissent importants afin de mettre en perspective la question :

- Le problème de la coexistence entre la 5G NR et le WIMAX éliminerait la 5G NR non seulement des départements où le WIMAX est déployé, mais également sur une large partie des départements avoisinants, et cela sur toute la bande 3400-3600 MHz :
 - Une étude technique que nous avons partagée avec l'Autorité montre qu'une séparation géographique entre 60 et 70 km suivant les cas est nécessaire entre une station de base WIMAX et une station de bande 5G NR en co-canal (même bande de fréquence utilisée).
 - La même étude technique montre qu'une distance de séparation géographique entre 30 et 40 km est nécessaire en bandes adjacentes entre une station de base WIMAX et une station de bande 5G NR.
- Les bandes BLR (4 blocks disjoints de 15 MHz allant jusqu'à 3580 MHz) rendent la bande 3460-3600 MHz totalement mitée et difficilement utilisable pour la 5G.
- Les réseaux WIMAX fournissent un service à très peu d'utilisateurs pour des débits ne correspondant plus aux attentes THD.

Par conséquent, il est nécessaire de planifier la disparition complète des réseaux WIMAX dès début 2020, en faisant migrer ses utilisateurs vers d'autres réseaux comme :

- Un réseau fixe (fibre ou VDSL).
- Un réseau THD radio dans le bas de la bande 3,5 GHz (3410-3460 MHz).
- Un réseau mobile fournissant un service fixe (par une station de base existante ou nouvelle, par exemple dans le cadre du « new deal »).

D'autre part, dans le cadre du code des postes et communications électroniques (CPCE) et donc de l'utilisation et la gestion efficace des fréquences radioélectriques, il est d'autre part nécessaire :

- de ne pas conserver dans les bandes BLR des équipements ne fournissant pas un service réel à des utilisateurs.
- de migrer dans le bas de la bande les équipements éventuels fournissant un service réel.
- Par mesure réglementaire et/ou incitation économique, de faire démarrer la 5G dès au-dessus de 3460 MHz et cela dès 2020.

Ainsi dans le cadre des mesures décrites ci-dessus, l'ensemble des fréquences 3460-3800 MHz sera totalement disponible pour la 5G (sans mitage) avec les fréquences 3410-3460 MHz également bien utilisées (pour des services fixes), sans que se pose donc la question d'utiliser la 5G dans certains départements uniquement.

Question n°37

Quelles seraient les difficultés soulevées par une telle accélération du calendrier du THD radio ?

Réponse à la question n°37

Il y a plusieurs difficultés évidentes créées par la fermeture du guichet THD radio au premier trimestre 2019 :

- Le THD radio peut jouer un rôle important dans la fourniture d'un service fixe très haut débit de qualité en l'absence de service fixe THD (de type VDSL ou fibre). Arrêter prématurément le guichet 3410-3460 MHz sans alternative, c'est priver des utilisateurs d'un service fixe de qualité, c'est conserver la fracture numérique du pays.
- Mais peut-être paradoxalement au premier abord, cela est aussi un problème pour la fourniture d'un service 5G de qualité, dans la mesure où les réseaux THD radio permettent la migration des utilisateurs des réseaux WIMAX et de libérer la bande 3460-3800 MHz pour la 5G.

Il faut à tout prix éviter une situation perdante pour tous, avec peu de réseaux THD radio, des réseaux WIMAX subsistants dans une bande de fréquences mitée et une 5G ne pouvant utiliser que 220 MHz (au-dessus de 3580 MHz).

Il faut substituer à cette situation une solution gagnante-gagnante THD fixe / 5G avec un guichet THD radio ouvert jusqu'à fin 2019 dans le cadre d'un plan permettant la migration de l'ensemble des utilisateurs des réseaux WIMAX.

Question n°38

Le cas échéant, voyez-vous une difficulté à fournir après 2026 ou avant cette date un service d'accès fixe dans cette bande avec la 5G permettant d'assurer une continuité de la couverture du service fourni par le THD radio et la BLR dans les zones concernées ? Pensez-vous que d'autres solutions techniques pourraient être envisagées pour fournir ce type de services ?

Réponse à la question n°38

Des réseaux mutualisés 5G utilisant des fréquences basses 700 MHz et bande 1,4 GHz en mode MOCN et éventuellement utilisant aussi la bande 3400-3800 MHz (voir localement la bande 26 GHz) pour encore plus de débit, pourront fournir un service ultra haut débit dans des zones rurales pour les utilisateurs n'ayant pas la fibre.

Question n°39

Existe-t-il d'autres solutions de coexistence qui pourraient être mises en place grâce aux innovations technologiques de la 5G ? À quelle échéance ?

Réponse à la question n°39

À ce stade, Huawei a identifié trois solutions techniques pour permettre la coexistence de plusieurs utilisateurs au sein de deux bandes de fréquences adjacentes exploitées en mode TDD avec des systèmes AAS 5G pour des sites de type **macro ou small cells** :

- **Synchronisation des réseaux entre eux**

- **Réseaux non synchronisés avec séparation géographique (spatiale).**
- **Réseaux non synchronisés avec isolation introduite par un bâtiment : cas des couvertures indoor.**

Nous ne connaissons pas à ce jour d'autres solutions de coexistence.

En particulier, à ce jour, nous n'avons pas introduit dans notre feuille de route produit une fonction du pilotage du beamforming qui permettrait d'éviter d'interférer le récepteur d'un autre système spécifique, car la surcharge induite par ce traitement informatique supplémentaire viendrait faire décroître les performances de l'ensemble du système 5G.

Question n°40

Êtes-vous favorable à la mise en oeuvre d'une synchronisation entre réseaux TDD ou d'une semi-synchronisation ? Pour quelles raisons ? Dans l'hypothèse d'une synchronisation, quel ratio temporel vous semble pertinent entre l'utilisation des fréquences en sens montant et en sens descendant ? Les paramètres de synchronisation doivent-ils être imposés dans les futures autorisations ou définis par concertation entre les titulaires des fréquences ? Quels sont les impacts de performances potentiels ?

Réponse à la question n°40

Dans le cas où il n'est pas possible d'introduire une séparation géographique importante, et afin d'éviter les interférences entre des réseaux utilisant des fréquences adjacentes et le blocage des récepteurs de stations base TDD, il est nécessaire de synchroniser entre elles toutes les stations de bases macro et small cell outdoor.

En particulier, les réseaux 5G NR de type macro ou small cell outdoor devront être nécessairement synchronisés entre eux.

Les paramètres de synchronisation devraient être définis par concertation entre opérateurs mobiles, le régulateur n'intervenant que si aucun accord n'est trouvé entre opérateurs mobiles.

La synchronisation pourra également s'appliquer aux couvertures indoor avec la certitude d'éviter des interférences.

Pour compléter notre réponse, il faut également analyser le cas macro / indoor dans le cas de réseaux adjacents non synchronisés:

- Cas 5% de pertes de paquets sous couverture indoor: Le rapport 296 (toolbox) montre à l'aide de simulations qu'en positionnant avec précision la station indoor, il est possible d'éviter des interférences macro vers station indoor dans ce cas.
- Cas de services de type temps réel sous couverture indoor: Le même rapport (toolbox) indique qu'une isolation supplémentaire de 20-25 dB est nécessaire pour assurer la qualité de service requise pour du temps réel (URLLC, perte de paquets proche de 0%).

Question n°41

Comment, selon vous, pourra être traitée la coordination aux frontières dans la bande 3,4 - 3,8 GHz ? Une synchronisation sera-t-elle nécessaire ?

Réponse à la question n°41

La coordination aux frontières sera basée sur la recommandation ECC REC (15)01 qui est en cours de révision par la CEPT (dans le cadre du groupe de travail ECC PT1) afin d'introduire la 5G NR et les systèmes AAS (Active Antenna Systems) en général.

Cette révision est prévue d'être terminée en octobre 2019 et devrait être basée (comme le document dans sa version actuelle) sur la valeur maximum de champs électromagnétiques à la frontière dans les deux cas où les réseaux TDD sont synchronisés et ne le sont pas.

La CEPT ne devrait pas déterminer des distances de séparation, mais sur la base des valeurs de champs électromagnétiques définies dans la future recommandation mise à jour, les opérateurs pourront déterminer la distance de séparation nécessaire jusqu'à la frontière.

Nous avons également une remarque complémentaire sur les réseaux déjà déployés dans la bande 3,5 GHz en France. Ces réseaux non AAS (dont les réseaux WIMAX si certains devaient hélas subsister) devront ne pas interférer les futurs réseaux 5G NR dans les pays voisins.

Question n°42

Que pensez-vous de l'utilisation de bandes de garde pour éviter les brouillages ? Quelle largeur de bande de garde vous semble suffisante ? Pensez-vous que l'utilisation de blocs restreints soit suffisante pour éviter les brouillages, notamment entre LTE TDD et 5G ?

Réponse à la question n°42

Les bandes de garde étant inutiles dans le cas de systèmes TDD synchronisés, la question des bandes de garde ne s'applique qu'à des systèmes non synchronisés.

Nous comprenons que la question est posée entre systèmes TDD non synchronisés qui sont proches (la question de la séparation géographique est traitée dans la question suivante).

En préambule, nous souhaitons attirer l'attention de l'Autorité sur le fait que les interférences entre stations de base TDD non synchronisées adjacentes entre 2 opérateurs ont deux aspects différents (cas d'un OP1 utilisant les fréquences F1, OP2 utilisant les fréquences F2 ; cas où l'opérateur OP1 est l'interfère et OP2 la victime ; les stations de base considérées des opérateurs sont proches) :

1. Les stations de bases de OP2 sont interférées par les stations de base OP1 dans la fréquence F2 (c'est le sens montant de OP2 qui est interféré par OP1).
2. Problème du blocage du récepteur : les stations de base de OP2 sont bloquées par les stations de base de OP1 dans la fréquence F1 (le récepteur des stations de base de OP2 sont large bande).

Il faut souligner que le deuxième problème ne peut être résolu que par un filtre autour des fréquences OP2 protégeant les stations de base de OP2, et qu'aucune bande de garde sans filtres ne peut résoudre ce problème dans le cas de station de base de OP1 et OP2 proches.

Une deuxième raison réside également dans le premier problème : les stations de base étant non synchronisées et proches géographiquement doivent utiliser le BEM de référence restreint (voir

ECC DEC (11) 06 d'octobre 2018). Dans le cas de stations AAS, cela nécessite aussi un filtre spécifique.

Or, dans le cas de la 5G, et de l'utilisation de systèmes AAS (Active Antenna Systems = Systèmes à antennes actives), et de la technologie disponible, des filtres spécifiques par opérateur ne sont pas envisagés.

Donc, dans le cas de la coexistence entre systèmes TDD non synchronisés proches géographiquement dont au moins un système est AAS, aucune bande de garde ne peut permettre de résoudre les brouillages.

De plus, dans la mesure où les stations de base LTE TDD et 5G considérées sont des stations macro, l'utilisation de blocs restreints nous paraît pas de nature à résoudre des problèmes d'interférence.

Question n°43

Que pensez-vous de la mise en oeuvre d'une séparation spatiale entre les sites THD radio et les sites 5G ? Quelle distance vous paraît nécessaire pour éviter que les brouillages n'impactent les performances en canal adjacent ? en co-canal ?

Réponse à la question n°43

Dans le cas où les deux systèmes (5G et THD radio) utilisent les mêmes fréquences (cas co-canal), la seule solution pour permettre la coexistence entre les deux systèmes est une séparation géographique d'environ 70 km.

Afin d'assurer la coexistence entre les stations de base THD radio et les stations de bases 5G utilisant des systèmes AAS (Active Antenna Systems = Systèmes à antennes actives) en bandes adjacentes, deux solutions sont possibles :

- Les systèmes THD radio et 5G sont synchronisés : aucune séparation géographique n'est nécessaire (ni bande de garde).
- Les systèmes THD radio et 5G ne sont pas synchronisés : une séparation géographique d'environ 40 km est nécessaire (sans bande de garde).

Question n°44

Quelle est votre préférence entre les deux options de calendrier et pour quelles raisons ? Le cas échéant, les dates de fin des futures autorisations devraient-elles être identiques ? Existe-t-il des contraintes opérationnelles qui limiteraient la possibilité de changer les canalisations radio 5G et le positionnement dans la bande après 2026, notamment pour des canaux qui seraient de part et d'autres de la fréquence 3,6 GHz ?

Réponse à la question n°44

Nous répondons à la question suivante :

Existe-t-il des contraintes opérationnelles qui limiteraient la possibilité de changer les canalisations radio 5G et le positionnement dans la bande après 2026, notamment pour des canaux qui seraient de part et d'autres de la fréquence 3,6 GHz ?

Dans la mesure où un produit 5G NR macro unique ne supporte pas à horizon 2020 l'ensemble de la bande 3400-3800 MHz mais plusieurs produits sont nécessaires (couvrant chacun une partie de la bande), il existe bien des contraintes opérationnelles qui limitent la possibilité de changer les canalisations radio 5G et le positionnement dans la bande après 2026.

En particulier, si seule la bande 3580-3800 MHz ou 3600-3800 MHz était allouée en 2020, il serait impossible avec les stations de base déployées avec la technologie disponible et connue à ce jour de couvrir ensuite l'ensemble de la bande restante.

Question n°45

Quelle quantité minimale de fréquences vous paraît-elle nécessaire ? Quels seraient les conséquences sur les performances 5G de se voir attribuer seulement 20 MHz de bande ? Même question pour 50 MHz ? Même question pour 80 MHz ?

Réponse à la question n°45

La quantité minimale de spectre dans la bande 3400-3800 MHz peut être analysée sous ces différents angles :

- Volonté d'offrir de nouveaux services disruptifs par rapport à ce que la technologie LTE peut offrir aujourd'hui.
- Nécessité d'assurer une rentabilité des investissements liés au déploiement d'une toute nouvelle bande de fréquence.
- Maximiser l'efficacité spectrale et donc l'utilisation de ce nouveau spectre.

1. Volonté d'offrir de nouveaux services disruptifs par rapport la technologie LTE

Dans les zones urbaines et économiques, les réseaux des opérateurs disposent ou disposeront à court terme (suite à la reconfiguration du GSM et de l'UMTS vers le LTE) en moyenne d'environ 75 MHz de spectre au total pour la technologie LTE dans le sens montant et descendant.

Afin de permettre à la 5G d'offrir de nouveaux services nécessitant plus de capacité qui se différencieront de la 4G et qui donc justifieront les investissements pour cette nouvelle technologie, la mise à disposition d'un spectre au moins équivalent à celui mis à disposition pour le LTE dans le sens descendant est nécessaire.

Le scénario suivant permettrait d'allouer un équivalent de 75MHz pour la 5G et dans le sens descendant :

- 10 MHz dans la bande 1452-1492 MHz.
- 65 MHz dans le sens descendant dans la bande 3400-3600 MHz correspondant à $65 \times \frac{4}{3}$ (*) = environ 85 MHz de TDD en moyenne par opérateur,

Dans ces conditions, une attribution limitée à 20MHz ou à 50MHz, malgré les gains d'efficacité spectrale apportés par le Massive MIMO, pourrait limiter fortement l'introduction de nouveaux services gourmands en débit.

Par ailleurs, certains nouveaux service de type URLLC nécessiteront un compromis entre la capacité, la latence et la robustesse/fiabilité. Des bandes passantes suffisamment larges seront nécessaire pour compenser la perte en capacité résultant de l'introduction de services à la fiabilité renforcée (service de type « Mission Critical » par exemple).

(*) Exemple d'une trame DDDSU avec un ratio DL = $(3 \times 14 + 10) / (5 \times 14) = 3/4$ environ

2. Retour sur investissement du déploiement de la 5G sur une nouvelle bande.

Afin d'assurer un débit moyen aux utilisateurs avec la 5G, plus la largeur de bande mise à disposition sera petite, plus il sera difficile d'atteindre ce débit moyen sans ajouter de sites.

Typiquement, dans un scénario dense urbain, avec un objectif de 100Mbit/s par utilisateur, y compris à l'intérieur des bâtiments, un opérateur bénéficiant de 60MHz de spectre 3400-3800MHz, devra déployer environ 60% de stations de base de plus qu'un opérateur bénéficiant d'un bloc de 100MHz.

Il faut également souligner qu'un très grand intérêt de la bande 3400-3800 MHz réside dans son utilisation en TDD permettant le MIMO massif, qui sera réalisé en déployant de nouveaux systèmes AAS dédiés ayant un fort impact d'effort opérationnel sur le site radio (contrairement à l'ajout de fréquences basses).

Ainsi, le cout du Mbps 5G décroît avec la quantité de spectre qu'obtiendra l'opérateur.

Il est par conséquent nécessaire de mettre à disposition une quantité de spectre suffisamment grande, pour permettre un investissement rapide et donc un déploiement effectif de la 5G dans la bande 3400-3800MHz.

3. Maximiser l'efficacité spectrale avec des blocs contigus

L'utilisation du spectre est maximisé avec l'utilisation la mise à disposition de blocs de fréquences larges.

Typiquement (hypothèse SCS à 30KHz), le pourcentage d'utilisation des ressources radio en fonction de la largeur du spectre dans la bande 3400-3800MHz est comme suit :

- 98,28% pour un bloc de 100MHz
- 95,7% pour un bloc de 50MHz
- 91,8% pour un bloc de 20MHz

La mise à disposition de blocs suffisamment grands et contigus permettra de maximiser l'usage de la ressource radio.

Compte tenu des éléments ci-dessus, la mise à disposition d'un minimum de 80MHz contigus sont nécessaires pour maximiser l'offre de nouveaux services, maximiser l'usage de la ressource et justifier les investissements nécessaires au déploiement national d'une 5G dans la bande 3400-3800MHz.

Question n°46

Est-ce que les équipements permettront en 5G d'agrèger entre eux plusieurs blocs de fréquences non contigus ? Quelles sont les contraintes éventuelles pour la canalisation et l'espacement fréquentiel des blocs non contigus ?

Réponse à la question n°46

Est-ce que les équipements permettront en 5G d'agrèger entre eux plusieurs blocs de fréquences non contigus ?

L'agrégation de blocs de fréquences non contigus est effectivement prévue par la standardisation 5G et est prévue d'être supportée par les équipements pour les premiers déploiements commerciaux.

Cependant, dans le cadre des produits logiciels disponibles à horizon 2020, l'agrégation pourra être limitée à 2 blocs de fréquences.

Quelles sont les contraintes éventuelles pour la canalisation et l'espacement fréquentiel des blocs non contigus ?

De plus, les apports de cette nouvelle technologie 5G seront optimaux avec de larges canaux contigus, qui permettront une expérience utilisateur optimale, tout en minimisant la complexité des stations de base et des terminaux 5G, et en minimisant la consommation électrique de ces terminaux.

D'une manière générale, l'agrégation de blocs de fréquences non contigus présente les inconvénients suivants :

- Augmentation de la signalisation et des canaux de contrôle pour gérer l'agrégation, qui viennent réduire l'utilisation de la bande passante pour le trafic utile.
- Le pourcentage de ressources non utile (overhead) nécessaire pour un canal, sera doublé dans le cas de 2 canaux agrégés. Par exemple, sur un canal de 100MHz, le pourcentage de ressource nécessaire non utile (overhead) est d'environ 6%. Ce pourcentage sera pratiquement doublé dans le cas de 2 canaux de 50MHz.
- L'efficacité spectrale sur de larges canaux est supérieure à l'efficacité spectrale sur des canaux de tailles inférieures, comme indiqué dans la réponse à la question 45.

Pour illustration, voici un tableau comparant le nombre de ressources radio disponibles dans un scénario à un seul canal large et dans un scénario agrégeant plusieurs canaux plus petits.

Configuration	Performance loss compared to contiguous block
100 MHz contiguous, 273 PRBs	Baseline
CA 50+50 MHz, 133+133 PRBs	2.52 MHz less spectrum available vs. 100 MHz contiguous
CA 80+20 MHz, 217+51 PRBs	1.8 MHz less spectrum available vs. 100 MHz contiguous
CA 60+40 MHz, 162+106 PRBs	1.8 MHz less spectrum available vs. 100 MHz contiguous
80 MHz contiguous, 217 PRBs	Baseline
CA 40+40 MHz, 106+106 PRBs	1.8 MHz more spectrum available vs. 80 MHz contiguous

L'agrégation n'est pas systématiquement mise en place, et quand elle l'est, celle-ci est mise en place après un certain délai (typiquement 10ms), ce qui résulte en une diminution de l'expérience utilisateur et de la capacité du réseau.

Au niveau des équipements et des terminaux, l'agrégation de blocs de fréquences non contigus présente également les inconvénients suivants :

- Les équipements 5G ont une bande passante instantanée limitée (inférieure aux 400MHz de la bande 3400-3800MHz). Dans le cas de blocs de fréquences non contigus étalés sur une bande passante supérieure à la limite supportée par les équipements, une deuxième antenne serait nécessaire, ce qui n'est pas économiquement viable.
- Au niveau des terminaux, l'agrégation de blocs de fréquences non contigus dans le sens montant (Radio Uplink) est plus complexe et plus contraignante. Nous avons à ce jour peu de visibilité sur le support de l'agrégation de blocs de fréquence dans le sens montant par les terminaux.

Dans le cas où cette agrégation est supportée, la consommation électrique serait augmentée significativement, et l'autonomie des terminaux sérieusement affectée.

Question n°47

Un plafond de fréquences vous paraît-il approprié pour la procédure ? Pendant la durée de l'autorisation ? Le cas échéant, quel plafond vous semble le plus pertinent ? Doit-il prendre en compte la quantité de fréquences dont disposerait l'opérateur dans d'autres bandes éligibles à la 5G ?

Réponse à la question n°47

Pas de réponse à cette question

Question n°48

Sur quel périmètre géographique les autorisations d'utilisation des fréquences seraient-elles les plus adaptées ? Pourquoi ?

Réponse à la question n°48

Pour garantir le succès du lancement de la 5G, il est nécessaire d'allouer l'ensemble de la bande 3460-3800 MHz aux opérateurs mobiles sur un périmètre géographique national pour les raisons suivantes :

- Eviter la fragmentation de la bande 3460-3800 MHz avec de multiples licences locales
- Eviter des interférences co-canal entre de nombreux acteurs locaux (sachant qu'une séparation géographique entre 60 et 70 km est nécessaire en co-canal).
- Gérer correctement la coexistence inter-frontière : si les opérateurs mobiles ont l'habitude et l'expertise en ingénierie pour gérer cette problématique qu'ils connaissent bien, de nombreux acteurs locaux rendraient cette coexistence très problématique.
- Fournir la capacité aux opérateurs mobiles dont ils ont besoin dans les années à venir (80 à 100 MHz par opérateur mobile).
- Fournir des performances en débit significativement plus élevées qu'en LTE justifiant des investissements importants des opérateurs mobiles.

2.3 Partie 3. La bande 24,25 - 27,5 GHz

Question n°49

Quelle est votre analyse quant à l'intérêt présenté par la bande 26 GHz pour l'introduction de la 5G ?
Quelle est votre appréciation de la maturité de l'écosystème dans la partie haute de la bande à horizon 2020 ?

Réponse à la question n°49

Quelle est votre analyse quant à l'intérêt présenté par la bande 26 GHz pour l'introduction de la 5G ?

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.

D'un point de vue technique, la bande 26 GHz présente un intérêt pour les 3 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.

Quelle est votre appréciation de la maturité de l'écosystème dans la partie haute de la bande à horizon 2020 ?

Huawei a intégré dans sa feuille de route un produit station de base macro, un produit de type small cell ainsi qu'un CPE outdoor afin de supporter notamment la partie haute de la bande 26 GHz à horizon 2020.

Question n°50

Êtes-vous favorable à la mise en oeuvre d'une synchronisation entre réseaux TDD 5G dans cette bande ou d'une semi-synchronisation ? Pour quelles raisons ? Dans l'hypothèse d'une synchronisation, quel ratio temporel vous semble pertinent entre l'utilisation des fréquences en sens montant et en sens descendant ? Les paramètres de synchronisation doivent-ils être imposés dans les futures autorisations ou définis par une concertation entre les titulaires des fréquences ?

Réponse à la question n°50

Les réseaux 26 GHz seront déployés sur des sites de type macro, small cell outdoor et à l'intérieur des bâtiments.

Dans le cas général où les sites de type macro, small cell outdoor des différents opérateurs ne sont pas isolés géographiquement (cas typique d'un déploiement urbain), ces différents sites devraient être synchronisés.

La CEPT est en train de d'écrire un rapport ECC "Toolbox for the most appropriate synchronisation regulatory framework including coexistence of MFCN in 24.25-27.5 GHz in unsynchronised and semi-synchronised mode" qui devrait notamment préciser ce point.

Les paramètres de synchronisation devraient être définis par concertation entre opérateurs mobiles, le régulateur n'intervenant que si aucun accord n'est trouvé entre opérateurs mobiles.

La synchronisation pourra également s'appliquer aux couvertures indoor avec la certitude d'éviter des interférences.

Mais sachant que l'isolation est importante avec la bande de fréquences 26 GHz entre des sites outdoor et des solutions de couverture à l'intérieur des bâtiments, il devrait être possible avec une ingénierie bien étudiée de ne pas synchroniser les sites outdoor / indoor. Le rapport précité pourra aussi préciser ce point.

Question n°51

Selon vous quels seraient les critères pour évaluer l'impact sur la performance de la 5G de la coexistence avec les stations terriennes ? Qu'est-ce qui constituerait un impact significatif ? Quelle largeur de bande de garde ou distance de séparation serait nécessaire pour éviter tout brouillage ?

Réponse à la question n°51

La coexistence entre les stations de base 5G et les stations terriennes doit être évaluée au cas par cas en utilisant la méthodologie en cours d'écriture par le ECC PT1 (Recommandation ECC).

D'après les études réalisées par le TG 5/1 de l'UIT R une distance de séparation de quelques centaines de mètres jusqu'à 7,5 km dans certains cas est nécessaire.

Dans le cas improbable où la station terrienne se trouverait dans une zone à fort trafic 5G, des techniques d'isolation spécifique de la station terrienne devraient être mise en place.

Question n°52

L'attribution de la bande 26,5 - 27,5 GHz devrait-elle être conduite dans le cadre de la même procédure que la bande 3,4 - 3,8 GHz ? Même question pour la bande 25,5 - 26,5 GHz ? Même question pour la bande 24,25 - 25,5 GHz ?

Réponse à la question n°52

Sur la base de la technologie connue à ce jour pour les émetteurs des stations de bases, nous souhaitons indiquer à l'Autorité que dans la bande 24,25-25,5 GHz des équipements de type small cell outdoor et indoor, ainsi que les équipements macro avec une réduction de puissance ne brouilleront pas les satellites d'observation de la Terre (fréquences sous les 24,25 GHz).

Par conséquent, il ne faudrait pas définir une bande de garde comme 24,25-25,5 GHz, ainsi qu'aucune autre limitation spécifique introduite au niveau national.

De plus afin d'accélérer l'utilisation de la 5G dans la bande 24,25-26,5 GHz, nous proposons les 2 étapes suivantes :

- **Etape 1 : dans le cadre du fibrage des stations de base dans les zones les plus denses, la bande 26 GHz n'est plus utilisée pour les faisceaux hertziens : la 5G peut graduellement utiliser la bande 26 GHz dans les zones les plus denses.**
- Etape 2 : les faisceaux hertziens 26 GHz dans les zones les moins denses sont migrés vers d'autres faisceaux hertziens : la 5G peut alors utiliser la bande 26 GHz dans l'ensemble du territoire. La bande 32 GHz ou des bandes plus basses permettront de migrer les faisceaux hertziens les plus longs. Et des bandes plus hautes comme la bande E pourront être utilisées pour les faisceaux les plus courts. De plus, différentes bandes de fréquences pourront être combinées afin de fournir un débit plus important.

Question n°53

Y a-t-il des contraintes techniques à réaménager la bande 26 GHz une fois l'intégralité des 3,25 GHz de la bande 26 GHz attribués ?

Réponse à la question n°53

Sur la base de notre compréhension des produits qui seront disponibles à l'horizon 2020, il sera possible de réaménager l'ensemble de la bande 26 GHz, mais suivant les types de produits déployés et la puissance utilisée, une réduction de puissance pour les sites macros pourra être nécessaire dans le bas de la bande 26 GHz.

Question n°54

Quelle quantité minimale de fréquences à attribuer vous paraît nécessaire ? Quelles seraient les conséquences sur les performances 5G d'une canalisation de seulement 200 MHz de bande ? Un plafond de de fréquences vous paraît-il souhaitable pour la procédure ? Pendant la durée de l'autorisation ? Le cas échéant, quel plafond vous semble le plus pertinent ?

Réponse à la question n°54

Quelle quantité minimale de fréquences à attribuer vous paraît nécessaire ? Quelles seraient les conséquences sur les performances 5G d'une canalisation de seulement 200 MHz de bande ?

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).

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 sachant que 800 MHz à 1 GHz fournissent des performances largement plus élevées (permettant également une décroissance du coût du Mbps 5G).

Question n°55

Les équipements permettront-ils en 5G d'agréger entre eux plusieurs blocs de fréquences non contigus ? Quelles sont les contraintes éventuelles en termes de canalisation et espacement fréquentiels des blocs non contigus ?

Réponse à la question n°55

Les équipements 5G permettront d'agréger plusieurs blocs de fréquences (contigus ou non contigus) dans la limite de la largeur de bande instantanée maximum supportée par ces équipements .

Et de plus sachant que la bande est notamment occupée par de nombreux faisceaux hertziens utilisant de très nombreuses sous-bandes différentes de fréquences sur un mode FDD (2 sens), il paraît très difficile d'utiliser de l'agrégation de porteuses 5G entre des fréquences utilisées par ces FH.

Question n°56

Toute ou partie de la bande 26 GHz devrait-elle faire l'objet d'une attribution sous un régime d'autorisation générale pour le déploiement de la 5G ? Pour quelles raisons ? Le cas échéant, quelles conditions techniques seraient pertinentes et nécessaires pour permettre l'utilisation de ces fréquences en 5G dans un tel cadre ?

Réponse à la question n°56

Les arguments suivants nous semblent pertinents pour démontrer la nécessité d'attribuer uniquement la bande de fréquences sous le régime d'autorisations individuelles :

- La bande de fréquences pionnière 26 GHz est nécessaire pour atteindre les objectifs des performances de la 5G. Pour assurer le succès de la 5G, il est nécessaire d'en garantir la qualité de service, nécessitant la bande de fréquences sous le régime d'autorisations individuelles. **Avec un régime d'autorisation générale, différents acteurs utiliseront tout de suite au moins deux canaux de 400 MHz en outdoor préemptant la bande 26,5-27,5 GHz ou générant un niveau fort d'interférences vers d'autres utilisateurs rendant la bande de fréquences inutilisable.**
- Seul le régime d'autorisation individuelle permet de garantir « qui fait quoi » dans une bande de fréquences. Par conséquent, le régime d'autorisation individuelle est également nécessaire pour assurer la protection des services dans les bandes adjacentes, dont notamment le service d'exploration de la Terre par satellite (EESS), ainsi que les services dans la bande (stations terriennes pour des services satellitaires).
- 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 sous le régime d'autorisation individuelle pourront garantir cette protection.
- **Il n'y a aucun cadre réglementaire permettant un régime d'autorisation générale.** La bande de fréquences 26 GHz a été harmonisée en Europe par la CEPT dans le cadre de licences sous le régime d'autorisations individuelles. En effet, le rapport 68 de la CEPT, écrit en réponse au mandat de la Commission Européenne afin de définir les conditions techniques harmonisées de la bande 26 GHz précise « The technical conditions as proposed in this CEPT report have been developed on the basis of assumption of an individual authorisation regime » et indique que «At this stage, no technical conditions have been determined that would allow for the possibility of a general authorisation regime under sharing conditions in a way to ensure protection of the other users of spectrum in this band (in particular EESS/SRS earth stations)».

En résumé, un régime d'autorisation générale ne repose sur aucun cadre réglementaire existant, rendrait la bande de fréquences inutilisable pour la 5G, à cause des interférences et ne pourrait pas garantir la protection des autres services.

En outre, un régime d'autorisation générale ne permettrait pas d'atteindre les objectifs des performances de la 5G.

Question n°57

Dans quelle mesure serait-il pertinent de prévoir des attributions locales sous le régime d'autorisation individuel pour la bande 26 GHz ? Sur quel périmètre géographique les autorisations d'utilisation de fréquences seraient-elles les plus adaptées ?

Réponse à la question n°57

Les arguments suivants nous semblent pertinents pour démontrer la nécessité d'attribuer uniquement des licences nationales :

- Même si la bande 26 GHz ne devrait pas être déployée pour fournir une couverture continue, elle devrait à terme être déployée dans de nombreuses différentes zones pour lesquelles des licences nationales sont les plus adaptées afin d'éviter des interférences.
- 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.
- Une multitude de licences locales rendrait la protection des services dans les bandes adjacentes très problématique (service d'exploration de la Terre par satellite (EESS), ainsi que les services dans la bande (stations terriennes pour des services satellitaires).
- La bande 26 GHz est une bande pionnière de la 5G dont le succès va être assuré par les opérateurs mobiles la déployant en fonction de leurs besoins supplémentaires de capacité ou pour des services à des verticaux : des attributions locales freineront le rythme de son déploiement et rendront sa planification impossible (sachant que d'autres acteurs pourront aussi récupérer de telles licences locales au fil de l'eau).

Question n°58

Quels sont les avantages et inconvénients d'une autorisation individuelle nationale pour cette bande de fréquences ?

Réponse à la question n°58

Voir les réponses aux questions 56 et 57 qui nous semblent limiter pour des autorisations individuelles nationales dans l'ensemble de la bande 26 GHz.

2.4 Partie 4. La bande 1427 - 1518 MHz

Question n°59

L'attribution de la bande 1452 - 1492 MHz devrait-elle être conduite en même temps que celle de la bande 3,5 GHz ? L'attribution du reste de la bande devrait-elle être conduite en même temps que celle de la bande 1452 - 1492 MHz ou ultérieurement ?

Réponse à la question n°59

L'attribution de la bande 1452 - 1492 MHz devrait-elle être conduite en même temps que celle de la bande 3,5 GHz ?

La bande de fréquences 1452-1492 MHz étant rapidement disponible pour le très haut débit mobile (2020) et les réseaux mobiles ayant un besoin rapide de capacité dans les zones urbaines en LTE, il est nécessaire d'attribuer ces fréquences aux opérateurs mobiles le plus rapidement possible, soit mi-2019 au plus tard (correspondant également à la date au plus tard pour l'attribution de la bande 3400-3800 MHz).

Il y a également une autre raison d'attribuer la bande 1452-1492 MHz en même temps que la bande 3400-3800 MHz (mi 2019 au plus tard) : la bande de fréquences 1,4 GHz permettra une couverture étendue de la population dans les zones les plus reculées (voir également la réponse à la question 20) en complément des zones urbaines et économiques.

L'attribution du reste de la bande devrait-elle être conduite en même temps que celle de la bande 1452 - 1492 MHz ou ultérieurement ?

Dans la mesure où aucune visibilité n'est donnée sur le calendrier de migration des faisceaux hertziens utilisant la bande 1427 - 1452 MHz, sur la libération de la bande 1492 - 1517 MHz affectée au ministère des armées, ainsi que sur d'éventuelles mesures proportionnées adéquates de protection complémentaire des services mobiles par satellite décidées au niveau national, il semble très difficile d'attribuer le reste de la bande en même temps que la bande 1452-1492 MHz.

Question n°60

Estimez-vous que la structure de bande proposée pour l'attribution soit pertinente ? Si non pourquoi ?

Réponse à la question n°60

Pas de réponse à cette question.

Question n°61

Un plafond de fréquences vous paraît-il souhaitable pour la procédure ? Pendant la durée de l'autorisation ? Le cas échéant, quel plafond vous semble le plus pertinent ?

Réponse à la question n°61

Pas de réponse à cette question.