



Réponse de Bouygues Telecom à la consultation publique de l'ARCEP pour « Préparer le futur des réseaux mobiles » du 23 mai 2022

Version publique
Le 23 septembre 2022

Bouygues Telecom remercie l'ARCEP pour l'opportunité qui lui est offerte de contribuer aux travaux de l'ARCEP pour préparer le futur des réseaux mobiles.

Les fréquences sont des ressources rares indispensables au développement des réseaux mobiles. Leurs modalités d'attribution et leurs conditions techniques d'utilisation influencent directement la capacité des opérateurs mobiles à satisfaire aux besoins de leurs clients finals résidentiels (B2C) et des entreprises (B2B). Le marché s'est structuré autour de quatre opérateurs de plein exercice qui disposent aujourd'hui de patrimoines fréquentiels relativement équilibrés. [X]

L'ARCEP devrait également s'assurer que les fréquences feront l'objet d'autorisations individuelles avec une portée nationale pour en maximiser l'usage et les bénéfices pour les consommateurs, les entreprises et l'économie en général. En effet, les opportunités de nouvelles bandes de fréquences sous 10 GHz sont limitées alors même que les besoins en fréquences augmentent du fait de la croissance des trafics sur les réseaux mobiles et des nouveaux usages. Le morcellement des fréquences pour des usages locaux nuirait de fait à la qualité des réseaux mobiles en les privant des ressources nécessaires à leur développement sans pour autant apporter de solution satisfaisante au niveau local. Par ailleurs, ce phénomène en créant une raréfaction artificielle des fréquences, renchérirait le prix du spectre, ce qui aurait pour conséquence néfaste de priver les opérateurs de capacités d'investissements dans les réseaux et l'aménagement numérique du territoire, alors même que ces besoins ne cessent de croître.

Les opérateurs mobiles sauront répondre aux besoins des Verticaux

L'adoption aujourd'hui limitée de la 5G pour des besoins industriels/IoT n'est pas la conséquence d'une offre inadaptée des opérateurs mobiles ou d'un besoin insatisfait de fréquences dédiées aux industriels. Cette lenteur apparente reflète seulement le besoin légitime des acteurs industriels d'attendre, avant de lancer des plans d'investissement d'ampleur, que la technologie soit pleinement établie, comme ce fut le cas pour les évolutions technologiques précédentes. [X]

[X]

Enfin nous considérons que l'écosystème autour de la 5G industrielle ne se développera pas sans les opérateurs nationaux, seuls à même de générer les effets d'échelle indispensables à la généralisation de la technologie.

Les modalités d'attributions de la bande 1 400 MHz doivent permettre le maintien de l'équilibre actuel des patrimoines fréquentiels des opérateurs. L'option 2 d'itinérance rurale proposée dans la consultation publique n'est techniquement pas viable et conduirait à des régressions techniques. Elle n'est pas non plus souhaitable du point de vue de l'équilibre du marché, car elle conduirait à des situations discriminatoires, dans lesquelles les clients de l'opérateurs accueilli seraient beaucoup moins bien traités que les clients de l'opérateur d'accueil.

Les modalités d'attribution d'une bande de fréquences influent sur les résultats de la procédure d'attribution et peuvent porter atteinte à l'actuel équilibre du marché alors même que les opérateurs investissent massivement pour le déploiement de leurs réseaux, mobiles notamment.

[X]

L'ARCEP [X] associe à cette seconde option des remèdes : obligations d'accueil / de mutualisation ou d'itinérance. Cependant, ces remèdes sont inopérants pour la bande 1 400 MHz (Supplemental Downlink – SDL) tout comme ils le seraient pour toute autre bande de fréquences pour laquelle l'ARCEP proposerait un tel schéma d'attribution. En effet, ces solutions techniques ne peuvent être mises en œuvre isolément sur une seule bande de fréquences (ex. la bande 1 400 MHz) mais doivent au contraire concerner toutes les bandes de fréquences déployées par l'opérateur détenant des fréquences dans la bande 1 400 MHz [X]. Dans le cas contraire (mutualisation ou itinérance sur la seule bande 1 400 MHz et sur une seule bande Uplink), l'opérateur ne possédant pas de fréquences dans la bande 1 400 MHz ne serait pas compétitif puisque ses clients n'auraient accès qu'aux deux bandes de fréquences mutualisées ou ouverte à l'itinérance sans possibilité d'utiliser en complément les autres bandes de fréquences de son opérateur de rattachement. Cette solution ne serait ainsi envisageable que pour les sites où il y a déjà du RAN sharing à quatre opérateurs (sites des programmes réglementaires).

Pour le cas particulier de l'itinérance, il se poserait de plus des problèmes rédhibitoires de gestion de la mobilité des utilisateurs entre une zone où ils sont en itinérance sur un réseau tiers et une zone où ils sont sur le réseau de leur opérateur de rattachement. Il n'est en effet pas possible de maintenir une communication active lors d'un tel changement de réseau. De plus, l'itinérance devrait être étendue à la 3G pour assurer la reprise du trafic voix (CS Fallback). [X]

Les modalités d'attribution de la bande 1 400 MHz doivent prendre en compte l'hétérogénéité de l'exploitabilité des sous-bandes.

Nous considérons [X], seule la bande cœur 1 452 - 1 492 MHz devrait être attribuée compte tenu de la disponibilité d'équipements réseaux et terminaux compatibles avec cette bande (notamment en LTE) et de son large déploiement en Europe depuis maintenant quelques années. Cette attribution devrait être lancée [X] et viser une répartition en quatre blocs de tailles identiques de 10 MHz.

Au contraire, les extensions (1 432 - 1 452 MHz et 1 492 - 1 517 MHz) ne bénéficient pas d'un écosystème terminaux développé et le document soumis à consultation met en évidence des incertitudes quant à l'exploitabilité de la bande 1 492 - 1 518 MHz. Nous demandons que les conditions techniques permettant la coexistence avec le service mobile par satellite au-dessus de 1 518 MHz soient clarifiées au plus vite par l'ARCEP tant du point de vue de la bande de fréquences effectivement concernée que du calendrier des contraintes et de leur étendue géographique. La mise à disposition de ces extensions aux opérateurs nous semble en revanche compatibles avec une mise à disposition à partir de [X]. La bande 1 427 - 1 432 MHz, du fait des contraintes techniques liées à la compatibilité avec les systèmes sous 1 427 MHz n'est pas exploitable sur des sites macro si bien que nous ne recommandons pas son attribution avec le reste de la bande.

Si l'exploitabilité de la partie haute de la bande est clarifiée d'ici [X], il pourrait être envisagé un schéma où ces extensions seraient attribuées [X] concomitamment à la bande cœur. Chaque opérateur saurait ainsi quel bloc de fréquences de 10 MHz il possède de manière transitoire dans la bande cœur et quel serait ensuite son bloc de fréquences cible [X]. Dans un tel schéma d'attribution, les paiements des redevances devraient être cohérents avec la disponibilité échelonnée des fréquences.

Dans le cadre de l'attribution de la bande 1 400 MHz, il pourrait être également envisagé, en lieu et place d'une procédure financière compétitive, une répartition équilibrée des fréquences en échange d'un nouveau programme de déploiement au service des territoires, à définir en cohérence avec la valeur des fréquences.

Le reliquat de la bande 3,5 GHz (3 420 – 3 490 MHz) doit être attribué aux opérateurs mobiles sur l'ensemble du territoire

Le bas de la bande 3,5 GHz est aujourd'hui partiellement utilisé dans un nombre limité de départements pour fournir un service de THD Radio. Les opérateurs mobiles ont pris, à l'occasion de l'attribution de la bande 3 490 – 3 800 MHz, un engagement visant à fournir un accès fixe à très haut débit radio qui viendrait se substituer à l'actuel service de THD Radio. Les opérateurs vont donc permettre la libération de cette bande et il est donc légitime qu'elle leur soit attribuée avec une disponibilité des fréquences à l'échéance de l'ensemble des autorisations actuelles, en juillet 2026.

Les obligations associées à l'attribution de la bande 3 490 - 3 800 MHz étaient ambitieuses et les investissements pour les satisfaire n'en sont qu'à leur début. Les blocs de fréquences supplémentaires que pourraient acquérir les opérateurs apporteront de la capacité additionnelle sans pour autant justifier le recours à de nouvelles obligations.

La bande 3 400 – 3 420 MHz semble peu exploitable avec des antennes actives. L'unique solution pour permettre une utilisation de la bande 3 410 - 3 420 MHz serait d'avoir une hypothétique et couteuse solution de filtrage supplémentaire. Nous recommandons donc de limiter l'attribution du reliquat de la bande 3,5GHz à la bande 3 420 – 3 490 MHz. La bande est aujourd'hui partiellement disponible (soit de manière géographique, soit de manière fréquentielle). Néanmoins, nous recommandons à l'ARCEP de procéder à l'attribution de la bande lorsqu'elle sera disponible dans son intégralité.

Il serait judicieux de conserver l'actuelle condition de cumul de fréquences dans la bande 3 400 – 3 800 MHz présente dans les autorisations délivrées aux opérateurs mobiles. En effet, les terminaux compatibles 3,5 GHz actuellement utilisés et ceux qui seront commercialisés dans les prochaines années ne sont pas compatibles avec les stations de bases qui mettraient en œuvre une porteuse de plus de 100 MHz.

L'attribution de la bande 3 420 – 3 490 MHz aux opérateurs mobiles devrait être associée à une réorganisation de l'ensemble de la bande 3 420 – 3 800 MHz afin que chaque opérateur dispose d'un unique bloc de fréquences. A défaut, les opérateurs devraient déployer deux porteuses au lieu d'une ce qui entraînerait notamment des répercussions sur l'utilisation du spectre et sur la qualité du service fourni aux utilisateurs. L'ordre actuel des opérateurs dans la bande devrait être conservé afin de limiter l'ampleur des déplacements et les besoins de remplacement d'antennes. Enfin, nous recommandons de conserver le format de trame TDD actuel à la fois pour les nouveaux blocs et pour les blocs déjà attribués.

Toute nouvelle attribution de fréquences pour des usages locaux devrait faire l'objet d'une étude d'impact

Sous 10 GHz, une quantité importante de spectre est déjà disponible pour les réseaux locaux : bandes PMR historiques, bande 2 600 MHz TDD, bandes WiFi (2 400 MHz, 5 GHz et 6 GHz). Il convient donc d'étudier précisément les besoins pour ce type d'usage afin de déterminer si une bande de fréquences additionnelle est nécessaire ou non et, le cas échéant, dans quelle gamme de fréquences elle pourrait être recherchée.

A ce titre, nous considérons que les bandes au-delà de 10 GHz (ex. 26 GHz et 42 GHz) ont des caractéristiques adéquates pour ces usages localisés. Les bandes sous 10 GHz permettent quant à elles des déploiements sur des zones allant au-delà des usages locaux. Leur attribution à l'échelle nationale sous forme d'autorisations individuelles permettrait donc de maximiser leur intérêt socio-économique. Le morcellement du spectre au travers d'une multitude d'acteurs publics ou privés serait préjudiciable au marché puisqu'il engendrerait des inégalités de traitement, une utilisation inefficace du spectre et un renchérissement des prix en raison de l'absence de taille critique.

L'ouverture du guichet 3,8 – 4 GHz est source d'incertitudes pour les acteurs industriels comme pour les opérateurs

En mars 2022, alors même que les conditions techniques associées à l'utilisation de la bande 3,8 – 4,2 GHz n'avaient pas encore été définies (et quelles ne le seront pas avant au moins un an), l'ARCEP a ouvert l'attribution de cette bande (limitée à 3,8 – 4 GHz) au fil de l'eau pour des expérimentations. L'ouverture de ce guichet est source de questionnement pour les acteurs industriels. Ils risquent ainsi de retarder leurs investissements dans l'attente d'une clarification des perspectives de disponibilité de fréquences.

Nous demandons que ce guichet reste expérimental [X].

S'agissant des conditions techniques, nous identifions des risques de coexistence avec les réseaux mobiles sous 3 800 MHz dans l'éventualité où les trames TDD ne seraient pas identiques entre les deux bandes. L'alternative à une trame commune nécessiterait d'avoir une bande de garde d'au moins 60 MHz. Cependant une telle solution nécessiterait d'avoir des équipements spécifiques en termes de filtres. Il nous semble ainsi à ce stade nécessaire de privilégier dans la bande 3,8 – 4,2 GHz l'utilisation de la trame imposée dans la bande 3 490 – 3 800 MHz et de ne pas avoir à recourir à une bande de garde. En tout état de cause, il est nécessaire d'attendre la conclusion des études techniques menées à la CEPT pour apprécier l'exploitabilité réelle de cette bande.

La bande 26 GHz doit pouvoir continuer à être utilisée pour les faisceaux hertziens [X]


Bien que la bande 26 GHz ait été identifiée comme bande pionnière pour la 5G dès 2016 par le RSPG, elle fait aujourd'hui l'objet de peu d'expressions de besoins. Considérant de plus la quantité de fréquences disponible et l'usage probablement localisé de cette bande, il nous semble disproportionné de réduire les possibilités pour les faisceaux hertziens (FH) dans cette bande dès fin 2024. Afin de permettre à certains des FH déjà déployés de pouvoir subsister au-delà du 31 décembre 2024, il serait nécessaire que l'ARCEP renouvelle leur autorisation jusqu'en [X] pour certains d'entre eux. Ces renouvellements d'autorisation ne seraient pas de nature à entraver les déploiements 5G à 26 GHz puisque de tels déploiements seront a priori limités à cet horizon, qu'ils

pourraient plus probablement être à des distances raisonnables des FH et qu'ils devraient pouvoir être satisfaits, dans un premier temps, dans la sous-bande 26,5 – 27,5GHz où il n'y a pas de FH.

L'avis de l'ANSES est un préalable indispensable à l'attribution de la bande 26 GHz à la 5G

Ces fréquences sont très différentes des fréquences actuellement utilisées par les opérateurs mobiles. Il est ainsi nécessaire que les candidats à l'attribution de cette bande connaissent pleinement les conditions dans lesquelles ils pourront utiliser les fréquences, notamment au regard des futures préconisations que pourrait formuler l'ANSES. Il est également nécessaire d'informer le grand public des spécificités de cette bande en matière d'exposition afin de favoriser l'acceptabilité des déploiements dans cette bande.

Les actuelles bandes de garde à 2 100 MHz doivent être attribuées aux opérateurs mobiles pour leur permettre de passer de blocs de 14,8 MHz à des blocs de 15 MHz et ainsi éviter tout risque d'interférences entre opérateurs.

Le cadre réglementaire européen (décision 2020/667/EU) précise dans son annexe que les Etats-Membres ne peuvent attribuer que des blocs ayant une taille comprise entre 4,8 et 5 MHz. En particulier, aucune étude technique n'a été faite au niveau européen sur la possibilité d'autoriser des systèmes à bande étroite dans la bande 2 100 MHz. Aussi, la seule possibilité pour l'ARCEP est d'attribuer ces bandes de gardes aux opérateurs mobiles en étendant leurs actuels blocs de 14,8 MHz à 15 MHz. Cette extension sera source de déplacements fréquentiels et nous estimons que ces opérations de réorganisation pourraient être menées vers .

Les bandes mentionnées précédemment ne suffiront pas à absorber la croissance du trafic mobile, de nouvelles bandes seront nécessaires (notamment la bande 6 GHz et à plus long terme la bande 470 – 694 MHz).

Les prévisions de l'Ericsson Mobility Report ainsi que les hypothèses prises au sein du Comité d'Experts Mobile de l'ARCEP mettent en évidence une augmentation significative des trafics sur les réseaux mobiles. Dans les bandes de fréquences réellement exploitables pour des déploiements de réseaux macro, sous 10 GHz, il subsiste peu d'opportunités. Aussi nous considérons que la France devrait soutenir l'identification IMT de la bande 6 425 – 7125 MHz à la CMR 2023 pour permettre son attribution aux opérateurs mobiles dans quelques années. Cette bande permettra d'apporter de la capacité supplémentaire aux réseaux mobiles du fait de la largeur de bande qu'elle offre et de la faisabilité technique attendue de son déploiement sur des sites macro. Nous n'identifions pas, à court et moyen terme, de déficit de fréquences pour les réseaux locaux / WiFi. Si ces besoins émergent à plus long terme, d'autres bandes de fréquences, éventuellement au-delà de 10 GHz, pourront être envisagées pour cet usage.

La mutualisation des réseaux nous semble déjà avoir atteint un niveau avancé

Lorsque les programmes New Deal (dispositif de couverture ciblée et programme zones blanches centres bourgs) seront achevés, il y aura environ 8 000 sites en partage actif ce qui constitue un niveau de mutualisation déjà élevé. Une extension de la mutualisation active en zones urbaines est en cours dans les métros, stades, centres commerciaux, etc.

De nouvelles dispositions qui conduiraient à accroître encore la mutualisation des réseaux risqueraient de réduire les bénéfices de l'actuelle et saine concurrence par les infrastructures. Pour le cas particulier de la mutualisation des petites cellules, le potentiel nous paraît modeste tant les limitations de puissance liées aux enjeux d'exposition du public réduiraient le potentiel de captation de trafic.

Les obligations de déploiements des opérateurs sont conséquentes, en cours de réalisation et proportionnées pour répondre aux besoins

La qualité des services mobiles s'est très fortement améliorée ces dernières années en partie grâce à l'accord New Deal et aux obligations prises par les opérateurs mobiles lors de l'attribution de la bande 3,5 GHz. Plutôt que de définir de nouvelles obligations à l'occasion des prochaines attributions de fréquences, il conviendrait plutôt de procéder à des aménagements législatifs et réglementaires visant à faciliter les déploiements des opérateurs. En particulier, la loi Littoral aujourd'hui, contribue à accentuer la fracture numérique de certains territoires.

Les enjeux de sobriété font apparaître la course aux débits pics comme anachronique

L'ARCEP pourrait donc encourager à plus de sobriété en ayant recours à d'autres indicateurs que les débits pics dans ses enquêtes et publications. Les opérateurs pourraient ainsi dimensionner leurs réseaux en fonction des besoins réels de leurs clients et des services qu'ils utilisent. Nous considérons également que d'autres dispositions, telle que la possibilité pour les opérateurs de réguler certains flux/usage en fonction de la charge des réseaux, sans discrimination bien sûr entre éditeurs au sein de flux de même nature, permettraient de réduire l'empreinte carbone des réseaux mobiles.

De nombreuses solutions permettent d'envisager sereinement la question de la couverture indoor

La publication du cahier des charges rédigé par les quatre opérateurs en réponse à leurs obligations à 3,5 GHz et permettant à des tiers de déployer des infrastructures indoor passives (DAS) dans des lieux publics, des entreprises et des administrations et aux opérateurs de s'y raccorder apporte déjà une réponse crédible aux besoins de couverture indoor.

En zones urbaines, la couverture indoor sera renforcée par les programmes de densification en cours chez les opérateurs mobiles et l'utilisation de nouvelles bandes de fréquences basses comme la bande 1 400 MHz [3] et à plus long terme la bande UHF. De plus, les capacités en indoor résidentiel seront renforcées par le WiFi et ses évolutions. Nous considérons que les réseaux neutres sur fréquences propres ne constituent pas une solution crédible pour améliorer la qualité de service en indoor.

Le modèle d'opérateur ou de réseau neutre sur des fréquences propres n'est pas viable techniquement

Dans ce modèle, le client d'un opérateur mobile se retrouve en itinérance sur le réseau de l'opérateur neutre et perd l'accès aux bandes de fréquences déployées par son opérateur. Il y a

donc pour ce client une régression du service puisqu'il n'a plus accès à un portefeuille de fréquences variées et complémentaires. Il y a, au-delà de cette régression, des problèmes liés à la mobilité entre le réseau de son opérateur et le réseau de l'opérateur neutre qui dégraderait la qualité perçue du service puisque les communications devraient être interrompues lors du changement de réseau. Il y a également des incertitudes sur la qualité des services voix (support ou non de la VoLTE sur le réseau neutre, absence de bascule possible sur des réseaux 2G/3G (CS Fallback)).

Le scénario d'une attribution de fréquences à un ou deux acteurs avec obligation d'accueil en itinérance des autres, qui a déjà été tenté par le passé (bande 800 MHz), ne fonctionne pas mieux (régressions et discriminations) et doit être évité. [X]

Un réseau local avec partage actif à quatre opérateurs et diffusion des fréquences de chacun est la solution la plus optimisée mais elle est plus appropriée aux zones moins denses (du fait de la capacité des équipements). Il n'y a pas de solution optimale en zones denses. [X]

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

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

Question 1. Quelles sont les évolutions les plus pertinentes apportées par les Release 16 et Release 17 de la 5G ? A quelles échéances ces évolutions seront-elles disponibles dans les réseaux et les terminaux ? Le cas échéant, quels besoins nouveaux en fréquences ces évolutions vont-elles susciter ?

Question 2. Même question pour la Release 18 (« 5G Advanced »), la 6G et le Wifi 7.

Question 3. Identifiez-vous d'autres évolutions des technologies mobiles pour des usages spécifiques, qui pourraient susciter des besoins nouveaux en fréquences, par exemple les communications entre terminaux ou le broadcast/multicast ? Si oui, lesquelles et pour quels usages ?

Au-delà des améliorations continues des fonctionnalités radio permettant d'optimiser la qualité (débits, couverture, capacité, mobilité, ...) les principales évolutions selon les releases 3GPP sont les suivantes. Elles permettront aux opérateurs mobiles d'apporter des solutions adaptées aux besoins de leurs clients et des Verticaux.

Dans la Release 16 :

- Introduction des cas d'usages autres que eMBB : usages industriels, professionnels, V2X ;
- Pérennisation des technologies LTE-M et NB-IoT en assurant leur fonctionnement dans un environnement 5G (dans un spectre refarmé en 5G et avec un cœur 5GC) ;
- Améliorations URLLC de la fiabilité du lien radio et de la latence ;
- Normalisation de plusieurs techniques de géolocalisation (principalement pour les fréquences FR2) ;
- Normalisation du NR-U pour permettre le déploiement de réseaux 5G sur du spectre non licencié.

Dans la Release 17 :

- Améliorations du slicing sur l'accès radio (diffusion des identifiants des slices au niveau radio) ;
- Complément des cas d'usages IoT/ M2M ;
- Redcap (Terminaux "dégradés" pour des usages orientés objets avec des mécanismes de contrôle au niveau radio y compris d'accès au réseau).

Dans la Release 18 :

- Le 3GPP introduit l'appellation « 5G Advanced » pour cette release ;
- Réseaux « non terrestres » (satellites LEO et GEO, HAPS) pour offrir des services de type MBB et IoT en utilisant l'interface radio 5G-NR ;
- Passive IoT, pour le moment en état de discussion préliminaire. L'idée est de remplacer les technologies de type RFID par des technologies NR, éventuellement gérées par les opérateurs. Les devices n'ont pas besoin de batterie pour ce scénario et le sujet n'est pas encore clairement dessiné car le Study Item n'a pas encore été adopté ;

- Mécanismes de débridage de la puissance des terminaux ;
- Ensemble de mécanismes orientés “Network Energy Savings” ;
- Utilisation de mécanismes d’Intelligence Artificielle et de “Machine Learning” dans le RAN.

La 6G permettra de pérenniser les meilleures fonctionnalités de la 5G.

Le WiFi 7 permettra d’améliorer l’utilisation des fréquences, ce qui repoussera encore le moment où les fréquences WiFi risqueraient d’être saturées

La norme WiFi 7 est en cours de stabilisation avec peu de sujets techniques restant à traiter. Il faudra cependant attendre fin 2023 ou début 2024 pour voir les premiers équipements certifiés WiFi 7 par la WiFi Alliance (dans l’attente notamment de la finalisation de la norme IEEE 802.11be). Il y aura cependant d’ici là de premiers équipements pre-802.11be comme c’est le cas à chaque nouvelle évolution de la norme WiFi.

Le WiFi 7 apportera des gains notables en termes de performance grâce à des mécanismes – nouveaux ou améliorés – de coexistence entre réseaux / utilisateurs tels que le Multilink Operation (MLO) ou le puncturing qui permettront des agrégations de canaux intra/inter bandes. Au-delà de ces fonctionnalités, le WiFi 7 permettra également l’utilisation de canaux deux fois plus larges que le WiFi 6 (320 MHz contre 160 MHz, dans la bande 6 GHz uniquement) ce qui améliorera les débits et l’efficacité spectrale (bien qu’en Europe, avec la seule bande 6 GHz bas, seuls 2 canaux de 320 MHz avec un recouvrement de 160 MHz seront disponibles. Il est donc attendu qu’à terme, le canal 160 MHz du milieu de la bande soit très utilisé).

Nous constatons que même dans des environnements denses, les bandes WiFi actuelles (le 6 GHz du fait de son ouverture récente en France mais également les bandes à 5 GHz) ne sont que très rarement saturées. Nous ne considérons donc pas que le trafic actuel justifie l’ouverture prochaine d’une nouvelle bande de fréquences (telle que la bande 6 GHz haut). Cependant, l’écosystème WiFi pourrait bénéficier d’une exploitabilité accrue de la bande 6 GHz bas en y autorisant des puissances supérieures (sur le modèle des conditions techniques retenue par la FCC). Nous souhaiterions donc que soient réétudiées les limites de puissances dans cette bande pour les équipements « Low-Power Indoor (LPI) » pour atteindre des puissances comparables à celles de la bande 5 GHz (i.e. 30dBm symétriques).

1.3 Les évolutions d'architecture des réseaux mobiles

Question 4. En tant qu'opérateur ou entreprise, dans quelle mesure prévoyez-vous d'intégrer ces architectures ouvertes dans votre stratégie de déploiement de réseau ? Plus particulièrement, dans quel cadre et pour quels besoins estimez-vous pertinente l'introduction du edge computing dans les réseaux mobiles ? Quels enjeux notamment en matière d'accès, de caractéristiques de déploiement et d'usages identifiez-vous ? Comment faudrait-il y répondre ?

Les solutions O-RAN devraient jouer un rôle mineur dans le déploiement de réseaux 5G nationaux mais pourraient être mis en œuvre pour des réseaux privés

L’ouverture des interfaces et le découplage des matériels et logiciels permis par l’alliance O-RAN (ainsi que l’initiative OpenRAN du Telco Infra Project) semblent un moyen prometteur à de nouveaux acteurs d’émerger sur le marché de la fourniture de solutions radio. En effet, il réduit le coût à l’entrée de ce marché, en permettant à ces nouveaux acteurs de se concentrer sur certains

éléments de la solution sans devoir fournir une solution complète. Bouygues Telecom, membre de l'alliance O-RAN, soutient cette approche. Il convient néanmoins de réaliser qu'une telle approche n'est pas sans difficulté :

- Les acteurs en place disposent d'une avance considérable en termes d'investissements R&D, que les nouveaux acteurs mettront des années à rattraper pour aligner leurs roadmaps et performances avec les leurs (sans compter les fonctionnalités et technologies les plus anciennes - 2G, 3G - dans lesquelles il semble illusoire d'investir) ;
- Si l'approche O-RAN a permis l'éclosion de quelques nouveaux acteurs du logiciel radio, le marché du matériel radio semble moins attractif car il nécessite des investissements plus conséquents. Ainsi, la plupart des solutions matérielles de traitement du signal reposent sur un seul fournisseur de microprocesseur et quelques fournisseurs de serveurs dominants et bien établis. De même, le marché des équipements RF est concentré chez quelques acteurs établis (notamment les fournisseurs d'antennes actives, solutions complexes à mettre en œuvre que peu de sociétés sont capables de produire avec un niveau de performance équivalent aux solutions intégrées) ;
- Le modèle « désagrégé » permis par cette approche nécessite un effort d'intégration important, afin de garantir le niveau fonctionnel et de performance attendus, à l'introduction des nouvelles versions logicielle et matérielle de chaque composant de la solution. A date, un tel modèle requiert soit de faire appel à un intégrateur système pour réaliser ce travail, soit de le confier à l'un des fournisseurs qui prend alors la responsabilité bout-en-bout de la solution, soit de faire appel à un fournisseur O-RAN intégré qui fournit tous les éléments lui-même. On peut imaginer qu'avec la maturité future des interfaces O-RAN, l'interopérabilité sera de plus en plus « plug and play » et réduira ce travail, mais seulement à un horizon lointain.
- Les solutions matérielles de traitement du signal actuelles, reposant sur des processeurs et serveurs banalisés, sont encore en retrait de solutions s'appuyant sur du matériel spécialisé (performances, consommation énergétique, etc). Des cartes d'accélération matérielle, dotées de processeurs spécialisés promettant de rattraper ce retard, commencent seulement à faire leur apparition sur le marché.

En résumé, la promesse d'O-RAN pour faire émerger de nouveaux acteurs ne semble réaliste qu'à moyen terme, une fois la plupart de ces difficultés surmontées. Or la majeure partie des volumes de déploiement 5G a lieu actuellement : les solutions O-RAN n'y joueront donc qu'un rôle marginal. [✂]

En revanche, si l'on met de côté le marché des réseaux mobiles nationaux nécessitant des performances et fonctionnalités avancées, ces technologies sont probablement satisfaisantes à court terme pour des déploiements spécialisés comme ceux des réseaux mobiles privés d'entreprise. Il est probable qu'un certain nombre de ces nouveaux acteurs se concentre initialement sur ce marché, plus abordable pour eux.

[✂]

L'architecture Edge Computing offre un certain nombre de bénéfices techniques :

- La réduction de la latence des communications entre les terminaux et les serveurs applicatifs avec lesquels ces derniers communiquent ;
- L'économie en bande passante dans la partie amont du réseau, puisque ces communications restent locales ou régionales ;
- L'isolation des flux, la sécurité et la confidentialité de ces communications car, associée au slicing, elle permet de les maintenir, au choix : soit en local, soit au sein du réseau de l'entreprise cliente, soit sur des équipements dédiés à ce client.

A date, ces promesses ne rencontrent pas toutes des usages matures y faisant appel. Celles concernant la sécurité et la confidentialité des communications semblent attirer quelques prospects, dans le secteur de l'industrie notamment. [36]

Dans un contexte d'accès entreprise pouvant aussi être fixe, Bouygues Telecom propose également une solution d'hébergement régionalisée sur une dizaine de sites en France. Il convient cependant de noter que les besoins exprimés par les clients ou prospects ne se basent généralement pas sur des contraintes liées à une latence faible ou un débit élevé. Il s'agit généralement plutôt du souhait de disposer d'une solution locale/régionale.

Les usages contraignants nécessitant une latence réseau si faible qu'il faille faire appel à l'architecture Edge Computing sont en fait peu nombreux et les métiers concernés pas encore matures dans l'expression de leur besoin : services V2X, services de Réalité Virtuelle ou services mobiles locaux. Dans la plupart des cas, une régionalisation de l'hébergement de ces services sur quelques sites sur le territoire Français est suffisante. Par ailleurs, ces services associent à la basse latence des contraintes de débit peu en rapport avec les possibilités de la 5G disponibles actuellement. Enfin, un certain nombre de ces services s'adressant directement ou indirectement au grand public, il serait nécessaire que les interconnexions entre opérateurs soient elles aussi localisées/régionalisées pour rendre le service de manière effective. [37]

Question 5. En quoi ces changements d'architecture appellent, le cas échéant, un changement dans la gestion de l'accès aux ressources fréquentielles (identité des titulaires d'autorisations de fréquences, quantités attribuées ...) ?

Comme décrit précédemment, les principaux usages à court terme envisagés avec ces deux architectures sont des déploiements de réseaux hybrides ou privés pour des entreprises, campus, hôpitaux, etc.

Lorsque ces réseaux sont hybrides de manière à assurer leur interfonctionnement et cohabitation avec des réseaux publics, la couverture est assurée par l'opérateur sur ses propres fréquences. Lorsqu'il s'agit d'un réseau privé, le titulaire des fréquences est le client lui-même. Les règles d'utilisation et de cohabitation de ces fréquences devraient permettre leur réutilisation dans des zones industrielles où sont installées plusieurs acteurs économiques y faisant appel. Suivant la densité attendue de demandes concurrentes de fréquences pour des usages industriels (par exemple dans la bande 2 600 MHz ou dans une partie de la bande 26 GHz), il pourrait être nécessaire pour l'ARCEP de réaliser une coordination ex ante comme elle le fait aujourd'hui pour les faisceaux hertziens (i.e. une nouvelle autorisation d'utilisation de fréquences est délivrée uniquement si elle n'est pas susceptible d'interférer les titulaires d'autorisations existants). Cette coordination serait facilitée par le choix de limites de puissances suffisamment restrictives pour maximiser la réutilisation des fréquences par différents acteurs.

Question 6. En quoi ces changements d'architecture (notamment décentralisation et déport des fonctionnalités réseau, edge computing, Open RAN, ...), peuvent-ils être un frein ou une accélération à la mutualisation des réseaux ? Quels enjeux concurrentiels identifiez-vous ?

Du fait des limites techniques des implémentations O-RAN envisagées par les acteurs du domaine, les solutions O-RAN ne favorisent aucunement la mutualisation entre opérateurs des déploiements sur un même lieu. On ne voit pas avant de nombreuses années se profiler des solutions permettant, sur un même hardware, de faire fonctionner des logiciels de plusieurs opérateurs répondant aux exigences d'interopérabilité avec leurs réseaux respectifs. Avec ou sans O-RAN, on reste durablement sur un modèle de mutualisation restreint aux infras passives.

Concernant l'Edge Computing, le même principe s'applique que pour O-RAN. En effet, si chaque opérateur doit disposer de son propre cœur de réseau, il est possible d'implémenter celui-ci sous forme conteneurisée, en mutualisant le matériel. Cependant, il convient de noter qu'à date, les exigences de performances requises nécessitent de dédier des ressources à chaque instance de cœur de réseau. Il est donc peu intéressant de mutualiser le matériel dans ces conditions. A titre d'exemple, dans le cadre de l'implémentation de réseaux hybrides ou dédiés chez un client entreprise, il est peu probable que les UPFs (User Plane Function) de plusieurs opérateurs puissent être déployés sur un même serveur matériel avec un engagement de performance de leur part.

Question 7. Quelles conséquences pourraient avoir ces nouvelles architectures sur la sécurité des réseaux ? Le cas échéant, quelles mesures seraient nécessaires pour prendre en compte celle-ci ?

L'architecture Open RAN pose des difficultés de sécurité liées à l'accroissement de la surface d'attaque potentielle.

Cette architecture multiplie non seulement le nombre d'acteurs concernés par la mise en œuvre d'une solution radio, mais aussi les fournisseurs de solutions cloud, logiciel et matériel. Ce faisant, elle accroît le risque de vulnérabilité provenant de fournisseurs défaillants et la complexité induite par la multiplicité des fonctions et couches de la solution. Cette problématique est décrite dans le rapport de l'ENISA sur la question : <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/cybersecurity-open-radio-access-networks>.

Les impacts sécuritaires liés à la « cloudification » de la solution radio sont similaires à ceux qui sont déjà analysés aujourd'hui par l'ANSSI dans le cadre de la mise en œuvre d'un cœur 5G.

Il est envisageable que les analyses et recommandations pour la cloudification pourront s'inspirer des travaux réalisés pour la 5G. L'aspect positif est qu'à contrario, la multiplicité des acteurs réduit le risque de dépendance vis-à-vis d'un acteur défaillant ou malveillant.

L'architecture Edge Computing doit garantir l'impossibilité pour un tiers autre que l'opérateur d'utiliser les fonctionnalités sensibles.

Avec l'architecture Edge Computing, certains composants du cœur de réseau de l'opérateur seront déployés sur des sites qui ne seront pas gérés par ce dernier, notamment dans le cas de réseaux privés ou hybrides. Il convient donc de s'assurer que les fonctions sensibles (interceptions légales) de ces éléments ne puissent être utilisés à l'insu de l'opérateur, tout en permettant à l'opérateur de remplir ses obligations légales. [X]

1.4 Les usages et les besoins en fonctionnalités attendus

Question 8. Quels autres usages et fonctionnalités attendus identifiez-vous ?

Question 9. Quels marchés seraient visés par ces usages ? Avec quelles perspectives d'évolution et à quelle échéance ?

Question 10. Parmi ces usages, certains d'entre eux sont-ils plus spécifiquement appelés à se développer dans un environnement fixe, à l'intérieur de bâtiments par exemple, ou bien en mobilité ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Sur le marché entreprises, les premiers cas d'usage qui peuvent émerger le seront sur des zones de couverture déterminées sur lesquelles la disponibilité des services apportés par la 5G SA peut être assurée (déploiement de la bande 3,5GHz, intégration du nouveau cœur 5G Stand alone et intégration progressive des nouvelles fonctionnalités, refarming des fréquences existantes ...).

[X]

Toutefois, nombre de ces use cases restent à prouver et sont à ce stade, expérimentaux. Les technologies nécessaires pour les implémenter à l'échelle sont pour certaines très récentes voire n'émergeront qu'en 2023 et au-delà. L'écosystème de terminaux 5G industriels bien qu'en augmentation reste encore limité. Il est donc difficile d'identifier avec certitude les use cases qui émergeront.

Question 11. Le cas échéant, quelles nouvelles technologies mobiles seraient nécessaires pour couvrir l'ensemble de ces usages ? Pour couvrir vos usages en tant qu'utilisateur ?

Les besoins des industriels sont plus Uplink que Downlink. L'autorisation de High Power User Equipement (HPUE) permettrait de répondre plus efficacement à ces besoins.

Raccorder en 5G des caméras de vidéoprotection, téléopérer un drone ou tout autre engin (grue, pelleuse, voiture) à distance, décharger des grandes quantités de données d'un train ou d'un avion lors de son stationnement en gare ou aéroport sont autant d'exemples d'applications industrielles pour lesquelles le flux de données est majoritairement Uplink (du terminal vers le réseau). Les réseaux des opérateurs mobiles sont capables d'adresser ces besoins cependant les technologies 4G et 5G NSA/SA ne sont pas particulièrement optimisées pour répondre à ces besoins. La faible puissance d'émission des terminaux 4G et 5G est en partie responsable d'un plus faible débit Uplink que Downlink : les terminaux peuvent par exemple être amenés à réduire la bande passante utilisée en Uplink pour favoriser le bilan de liaison et ainsi leur permettre de joindre la station de base. C'est pourquoi la mise en œuvre de la fonctionnalité HPUE (High Power User Equipment) peut s'avérer nécessaire tout en prenant en compte les règles d'exposition aux ondes associées (ce qui est opérationnellement faisable dans l'environnement professionnel de ces usages).

Il reste cependant possible d'optimiser l'Uplink avec la 4G et 5G, dans le cas des couvertures intérieures d'usines qui sont réalisées pour optimiser les bilans de liaison et délivrer des communications performantes. Pour les usages en extérieur, il est aussi possible de favoriser l'Uplink sous réserve de modems compatibles HPUE, d'une mise en œuvre adaptée et d'autorisations d'usage du HPUE.

Aussi nous estimons que l'augmentation des puissances des terminaux dans les bandes actuellement attribuées aux opérateurs serait bénéfique pour nos clients puisqu'elle permettrait d'améliorer les bilans de liaisons tout en maintenant l'augmentation du niveau de bruit dans les bandes Uplink à un niveau acceptable (peu susceptible de créer des interférences).

Question 12. Quels nouveaux besoins en fréquences identifiez-vous pour répondre à ces usages avec les technologies existantes, et, le cas échéant, avec l'introduction de nouvelles technologies ? Pour quelles raisons (capacité, débit, couverture...) ?

Les fréquences des opérateurs permettent de répondre aux besoins des industriels via des réseaux privés en 5G SA avec une slice et un UPF servant de Local Breakout par exemple. Un complément de fréquences peut s'avérer nécessaire pour permettre aux opérateurs de répondre aux besoins suivants :

- Pour augmenter la capacité d'écouler du trafic dans les zones à forte densité d'utilisateurs comme les gares, aéroports, stades et autres lieux accueillant beaucoup de public, un complément de fréquences à 3,5 GHz peut apporter plus de capacité grâce aux déploiements déjà réalisés ; un complément de fréquences à 26 GHz peut apporter des capacités très localisées pour répondre à des besoins spécifiques ;
- Pour augmenter les débits et la capacité Uplink pour certains usages industriels nécessitant des débits encore supérieurs à ce qui est déjà possible, un complément de fréquences à 26 GHz peut apporter des capacités très localisées pour répondre à des besoins spécifiques d'Uplink ;
- Pour réduire la latence encore plus que ce qui sera possible en 5G SA à 3,5 GHz, un usage très localisé à 26 GHz avec un format de trame adapté (alternance élevée de slots DL/UL) peut apporter des capacités très localisées pour répondre à des besoins spécifiques.

2 Des besoins spécifiques et émergents pour les acteurs verticaux

2.2 Innovation et développement économique

Question 13. Quelles perspectives la 5G offre-t-elle au tissu économique et industriel français ? En quoi les évolutions prévues (latence réduite, nombre massif d'objets connectés, débit amélioré) peuvent-elles s'avérer nécessaires pour embrasser l'ensemble des usages envisagés par les utilisations professionnelles de cette technologie ? Quel marché ces évolutions représentent-elles ? Quels bénéfices économiques peut-on attendre de l'appropriation de ces nouveaux services par les verticaux en général, ou par votre secteur en particulier ?

Les usages industriels se matérialisent quand la techno est largement adoptée (coût des terminaux, rentabilité des features...). Les bénéfices de la 5G, mis en avant à son arrivée, ne sont pas tangibles pour les industriels.

A l'arrivée de la 5G, trois avantages étaient mis en avant par rapport à la 4G : une faible latence pouvant descendre en-dessous de 1 ms, des débits augmentés pouvant atteindre 10 fois ceux de la 4G, et une volumétrie de M2M de 1 million de modems au km².

La latence en 5G SA devrait être de 10 ms en regard du ratio Uplink / Downlink (25/75) et de l'alternat des émissions / réceptions retenu pour le TDD en France. Si cette latence constitue une amélioration par rapport à celle constatée en 4G (d'environ 40 ms), elle ne répond pas aux attentes de certains processus industriels qui nécessitent moins de 1 ms. Dans le cas de la téléopération à distance d'engins, l'opérateur doit avoir moins de 100 ms de réaction entre ses commandes envoyées à l'engin et le retour visuel des caméras installées sur celui-ci. Le fait de

gagner environ 30 ms dans la transmission des commandes et des images favorise la maniabilité de l'engin, et permet une meilleure compression d'image offrant soit de réduire le débit nécessaire, soit d'améliorer la qualité des images à débit identique. Cette amélioration est donc bénéfique mais elle n'explique pas pourquoi la téléopération d'engins ne se faisait pas en 4G.

La 5G n'apporte pas dix fois plus de débit que la 4G. Ces deux technologies ont des débits similaires et il n'y a donc pas de nouveaux usages possibles en 5G par rapport à ce qu'on peut déjà faire en 4G. Les applications industrielles requièrent très souvent des débits Uplink (du modem/smartphone vers le réseau) supérieurs au débit Downlink (du réseau vers le modem/smartphone). La 5G TDD avec son ratio de 25% du temps en Uplink et 75% du temps en Downlink ne répond pas mieux que la 4G à cette attente.

La volumétrie de 1 million de modems M2M au km² ne répond pas à une attente des industriels. Le développement du M2M en 4G est marginal, la très grande majorité des modems aujourd'hui encore reste 2G et/ou 3G. Les industriels n'ont pas adopté le M2M 4G comme anticipé par les études sur l'IoT. Les raisons sont probablement : 1) le prix plus élevé des modems 4G par rapport à ceux 2G / 3G. Les industriels choisissaient le moins onéreux, et si désormais les modems 4G sont beaucoup plus abordables, ce frein du prix va revenir avec les modems 5G ; 2) le prix du Go 4G freinait les industriels à recourir à de nombreux modems à haut débit consommant 24/7 (un humain a un temps limité pour utiliser son smartphone, contrairement à une machine qui peut consommer 24/7 et nécessiter des To de données).

La 5G NSA n'a pas fait émerger de nouvel usage pour les marchés B2C et B2B, en partie parce qu'elle n'apporte pas les promesses sur la latence et le haut débit annoncées.

La perspective que la 5G offre au tissu industriel, c'est le potentiel du Slicing

Le Slicing est l'innovation majeure apportée par la 5G par rapport à la 4G. Cette possibilité de segmenter le réseau en sous-réseaux, de réaliser des « Local Breakout » pour permettre une régionalisation des flux de données, et de mettre en place des offres avec une qualité de service adaptée aux besoins, sont les vrais apports de la 5G, notamment pour répondre aux besoins des industriels.

Le marché du « Local Breakout » pour les sites industriels


Comme indiqué précédemment, les industriels ont peu eu recours à la 4G pour digitaliser leurs processus et développer des usages M2M. Le « Local Breakout » peut constituer une solution pour répondre à leurs besoins avec un coût maîtrisé. En 5G SA, il sera possible d'installer sur le site industriel de nos clients, un équipement appelé UPF, qui, associé à une slice, permettra de router en local les données mobiles du client qui sont destinées à un serveur lui aussi installé sur le site de production. Les données portées par le slice ne sortiront pas du site du client, ce qui réduira la latence et permettra des hauts débits en local. Parce que les grands volumes de données resteront sur le site, il ne sera plus nécessaire d'avoir une fibre optique haut débit entre le site du client et le cœur de réseau de Bouygues Telecom. [3<]

Le marché du slicing pour des données critiques à faible débit

Il pourrait y avoir des besoins de garantir l'accès à des ressources pour des besoins particuliers uniquement localement (et non nationalement).

Question 14. Quels pourraient être les besoins spécifiques de mise à disposition de ressources temporaires pour des occasions particulières (chantiers, événements ponctuels) ?

Bouygues Telecom réalise déjà des couvertures temporaires dans le cadre de prestations de couverture d'événements exceptionnels aussi bien avec des BTrucks 4G, qu'avec nos nouveaux BTrucks 5G. Il y a donc déjà des besoins de couvertures temporaires et des solutions pour y répondre. Dans le cadre de l'appel d'offre Réseau Radio du Futur du ministère de l'Intérieur, il est demandé de pouvoir apporter un complément de couverture temporaire en quelques heures, et sans anticipation de la demande. Répondre à cette urgence partout et tout le temps génère deux nouveaux besoins spécifiques :

- Le besoin d'aménager la procédure COMSIS (notamment le délai de consultation de 4 semaines) pour les installations temporaires, a minima dans certaines zones ou bandes de fréquences dans lesquelles il n'y a pas de problèmes de coexistence avec d'autres utilisateurs. Cet aménagement de la procédure COMSIS est d'autant plus pertinent dans des bandes de fréquences attribuées aux opérateurs mobiles puisqu'ils ont un usage exclusif de ces fréquences et que les conditions de partages avec d'autres services en bandes adjacentes font l'objet de procédures établies ;
- 

Question 15. Quels sont les besoins spécifiques des entités implantées dans plusieurs pays ? Identifiez-vous des besoins spécifiques aux très petites, petites ou moyennes entreprises (TPE et PME) ? Quels pourraient être les enjeux concernant les ressources fréquentielles qu'ils requièrent (quantité de fréquences, qualité de service associée, etc.) ?

Les entités implantées dans plusieurs pays ont besoin de réglementations et de législations harmonisées.

La demande de groupes implantés dans plusieurs pays est souvent d'avoir une solution technique qui soit transposable dans les différents pays, soit pour une mutualisation des coûts de mise en production et d'exploitation, soit pour permettre des usages sur plusieurs pays. Cette demande appliquée à la 5G va se décliner sur :

- Les fréquences : ces groupes sont demandeurs de bandes de fréquences homogènes sur les différents pays. Aussi, il pourrait être utile d'étudier l'opportunité d'aligner les calendriers d'attribution des bandes de fréquences dans les différents pays, au-delà de ce qui est fait actuellement. S'agissant des conditions techniques, il est essentiel qu'elles soient harmonisées en Europe en évitant les spécificités nationales ;
- Les architectures de réseau : ces groupes cherchent un cœur de réseau centralisé servant tous les sites de production. A titre d'exemple, en 2019 un constructeur automobile allemand nous avait demandé de raccorder une de ses usines françaises sur son cœur de réseau basé en Allemagne (le projet s'est arrêté avec l'arrivée du Covid). Cette demande pose des questions juridiques compliquées en regard des législations différentes de chaque pays, notamment s'agissant des réglementations liées aux obligations légales. Dans tous les cas, le cadre légal et réglementaire doit savoir évoluer en même temps que les

usages et doit anticiper autant que faire se peut les mutations du marché. Dans le cas du secteur des communications électroniques, qui est un secteur régulé, les acteurs intervenant sur ce marché devraient aujourd'hui pouvoir supporter, en tout ou partie, les mêmes d'obligations légales que les opérateurs (lorsqu'elles sont pertinentes).

Pour rappel, seuls les opérateurs reconnus en tant que tel par l'article L.32 (15°) du CPCE sont soumis au respect des diverses obligations légales prévues à l'article L.33-1 du CPCE. Le respect de ces obligations légales représente une charge de travail et des investissements particulièrement importants pour les opérateurs « traditionnels » ;

- Les usages et les modems : pour permettre une mobilité des équipements entre pays.

Si le slicing 5G apporte une solution de communication pour les grands sites industriels qui visent un usage massif de l'IoT, cette technologie semble moins appropriée pour les TPE. Concernant les PME, elles peuvent avoir besoin de l'utiliser en tant que fournisseur d'un grand groupe, dans une continuité d'un service.

2.3 Différentes réponses techniques possibles

Question 16. Pour quels usages et quels besoins le recours à chacun des trois types de réseaux listés supra semble-t-il être le plus pertinent ? Pour quelles raisons ? Quelles sont les exigences et prérequis afin que le recours à ces types de réseau puisse satisfaire ces besoins ? Quelles sont les bandes de fréquences qui permettraient le mieux de satisfaire ces besoins ? Quels sont les acteurs qui pourraient offrir ces solutions ?

Les types de réseaux listés dans le document soumis à consultation doivent être analysés selon les critères suivants : sécurité et paramétrage.

Sécurité : les réseaux privés seront raccordés à Internet (hors centrales nucléaires). Il n'est pas attendu que la sécurité des réseaux privés soit supérieure à celle d'un réseau opérateur. Les acteurs privés s'appuient sur des opérateurs qui sont plus contrôlés que des intégrateurs. Le réseau privé est plus résilient qu'un réseau hybride/opérateur puisqu'il n'y a pas de backhaul.

Paramétrage : les acteurs privés délèguent la gestion à des opérateurs. Les opérateurs feront du tuning spécifique (radio et cœur) pour chacun de leur client. Les constructeurs ont simplifié (et donc restreint) le paramétrage des réseaux privés via la définition de classes de services / jeux de paramètres. Aujourd'hui sur le fixe, la possibilité de choisir entre quatre classes de service répond aux besoins des clients.



Le modèle d'opérateur ou de réseau neutre sur des fréquences propres n'est pas viable techniquement

Dans ce modèle, le client d'un opérateur mobile se retrouve en itinérance sur le réseau de l'opérateur neutre et perd l'accès aux bandes de fréquences déployées par son opérateur. Il y a donc pour ce client une régression du service puisqu'il n'a plus accès à un portefeuille de fréquences variées et complémentaires. Il y a, au-delà de cette régression, des problèmes liés à la mobilité entre le réseau de son opérateur et le réseau de l'opérateur neutre qui dégraderait la qualité perçue du service puisque les communications devraient être interrompues. Il y a également des incertitudes sur la qualité des services voix (support ou non de la VoLTE sur le réseau neutre, absence de bascule possible sur des réseaux 2G/3G (CS Fallback)).

Le scénario d'une attribution de fréquences à un ou deux acteurs avec obligation d'accueil en itinérance des autres, qui a déjà été tenté par le passé (bande 800 MHz), ne fonctionne pas mieux (régressions et discriminations) et doit être évité.

Question 17. S'agissant des réseaux hybrides, pour quelles raisons le mix/la complémentarité entre les deux types de réseau pourrait-il être requis (résilience, complément de couverture, continuité d'accès au réseau) ? Quels seraient les schémas d'hybridation (distribution des éléments/des fonctionnalités entre réseau privé et réseau opéré) les mieux adaptés pour répondre aux besoins ou usages identifiés supra (par exemple accès sur le réseau public, cœur privé) ? Quel rôle joue l'accès aux fréquences dans ces différents schémas ?

Les réseaux hybrides répondront à la plupart des besoins tout en optimisant les coûts

Les entreprises se digitalisent pour accroître leur efficacité et productivité. Le Mobile apporte des gains opérationnels tant que la connectivité est bonne, et c'est pour cela qu'elles veulent plus de garanties sur l'accès aux ressources radios via des réseaux privés. Sauf pour les applications nécessitant absolument un réseau privé avec un cœur dédié, comme par exemple pour les centrales nucléaires, il est préférable financièrement de réaliser un réseau privé à partir d'un réseau public afin de mutualiser une partie des coûts avec les marchés B2C et B2B. C'est par exemple ce qui peut être fait avec une slice et un UPF à l'Edge. Le découpage entre réseau public et réseau privé au sein d'une entreprise lui permet de bénéficier des prix compétitifs des services disponibles sur la partie « réseau public » (remplacement du DECT, remplacement de la PMR par exemple), tout en ayant des ressources privatisées pour ses applications critiques.

L'utilisation des fréquences des opérateurs permet aussi d'obtenir des coûts plus bas grâce aux terminaux qui sont plus largement commercialisés et également de mutualiser les coûts de déploiement d'un DAS puisqu'il sera utilisé à la fois pour les besoins liés aux utilisateurs (collaborateurs) et pour les besoins industriels.



Question 18. Toujours concernant les réseaux hybrides, quels types d'acteurs pourraient se positionner pour contribuer aux différents schémas d'hybridation ? Quels modèles d'affaires seraient alors envisageables pour la fourniture de telles solutions (par exemple modèle d'opérateur neutre) ?

Les réseaux hybrides seront naturellement proposés par les opérateurs mobiles

Les réseaux hybrides comportant une part de réseau public, les opérateurs mobiles seront donc naturellement incités à proposer de tels réseaux. L'UPF à l'Edge, positionné chez le client pour y réaliser un Local Breakout à partir d'une slice privée, en est un exemple concret.

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

Question 19. Partagez-vous cette analyse des tendances en matière d'intermédiation et en identifiez-vous d'autres ? Comment voyez-vous le développement de l'écosystème autour de ces différents modèles ? Quels sont les avantages et les inconvénients des différents modèles ?

Le développement du nombre d'acteurs de la chaîne de valeur augmente la complexité

Il y a en effet de nouveaux acteurs dans la chaîne de la valeur des communications mobiles, dans différents domaines et pour différentes raisons : sur les fréquences industrielles par exemple pour segmenter la surface minimale de 100 km² du 2600 MHz TDD, sur les infrastructures d'hébergement de sites télécom du fait des ventes de « pylônes » par les opérateurs, et sur les équipements télécom cœur et RAN du fait de la normalisation. L'augmentation du nombre d'acteurs amène une diversité de solutions qui doivent en théorie permettre de répondre à une plus grande diversité de besoins. Cependant, plus la solution est personnalisée en utilisant des briques non mutualisées, et plus son coût sera élevé comparativement aux offres Mobiles B2B.

C'est l'équilibre technico-économique qui sélectionnera les modèles réalistes

L'augmentation des possibilités se traduira par une augmentation des solutions si l'équilibre économique existe pour faire vivre ces solutions spécifiques. Tant que les conditions réglementaires seront similaires, les offres opérateurs pourront servir de prix de comparaison pour ces solutions personnalisées.

Question 20. Quels acteurs de l'écosystème sont les plus fondés à disposer d'autorisations d'utilisation des fréquences ? Pour quelles raisons ?

Les opérateurs Mobiles pour favoriser le partage

Les fréquences sont des ressources rares, mais encore plus rares sont les fréquences mises en œuvre à l'échelle nationale par les opérateurs mobiles, le tout pour un tarif faisant l'objet d'une très forte concurrence. Pour favoriser le plus grand usage des fréquences, et ne pas priver les entreprises dont les finances ne permettent pas d'accéder aux réseaux privés, il convient d'allouer suffisamment de spectre aux opérateurs mobiles pour leur permettre de répondre aux besoins du marché B2C, tout en disposant de ressources complémentaires pour le marché B2B.

Les experts radio

Le recours à des dispositifs radios nécessite des compétences pour leur mise en œuvre mais aussi pour préserver les autres utilisateurs. Avec le développement de l'usage de bandes TDD, il s'avère nécessaire de mettre en place la synchronisation entre réseaux utilisant des bandes adjacentes, ce qui complexifie encore plus ce domaine. L'autorisation d'utilisation de fréquences doit s'appuyer sur la compétence pour leur mise en œuvre, soit par un opérateur, soit par un intégrateur spécialiste de la radio.

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

3.1 Couverture et qualité de service des réseaux ouverts au public

3.1.1 Questions d'ordre général

Question 21. Quels sont les services grand public et professionnels indispensables fournis par les réseaux mobiles (navigation web, appels voix, appels visio, courriels, messagerie instantanée, streaming...) ? Les utilisateurs rencontrent-ils des difficultés pour accéder à ces services, et le cas échéant, dans quels cas et à quelle occurrence (endroit particulier, rarement/souvent en zones rurales, rarement/souvent à l'intérieur des bâtiments, en mobilité, sur les axes de transport...) ?

L'accord New Deal et les obligations associées aux autorisations 3,5 GHz ont conduit à une amélioration sensible de la qualité de service des réseaux mobiles

La qualité des services mobiles s'est très fortement améliorée ces dernières années. Les services voix, essentiels pour les clients, et pour lesquels une QoS irréprochable est attendue, ont encore progressé. La VoLTE, lancée par Bouygues Telecom en 2015, est devenue la norme pour les communications voix, avec son temps d'établissement d'appel quasi instantané et sa qualité vocale accrue. Sur la data, les débits ont explosé. Entre 2016 et 2021, les débits moyens descendants mesurés, tous opérateurs confondus, lors de l'enquête annuelle QoS mobile, ont été multipliés par presque 8 en zone rurale, passant de 6Mbit/s à 47Mbit/s, et par plus de 4 en zone dense, de 30Mbit/s à 133Mbit/s avec le début du déploiement de la 5G. Les débits descendants sont si élevés désormais, que les écarts entre opérateurs ne reflètent plus un écart d'expérience client significatif sur les usages les plus courants. En effet, un débit descendant supérieur à 3Mbit/s est suffisant pour assurer les usages internet mobile standards : la navigation web, les réseaux sociaux et la visualisation des vidéos en 480p ou 720p sans ralentissement majeur.

La course aux débits pics, encouragée par l'ARCEP aux travers de ses enquêtes et indicateurs, est anachronique eu égard aux enjeux de sobriété

Le changement climatique nécessite d'encourager la sobriété numérique, ce que la loi pour une sobriété numérique publiée en 2021 a introduit dans le CPCE. Mettre fin à la course aux débits toujours plus élevés, sans avantage réel pour le client, permettra d'optimiser l'empreinte carbone du secteur. On a pu constater que les mesures de débit descendant ne sont plus pertinentes. L'enquête QoS mobile devrait d'ailleurs se concentrer sur les indicateurs mesurant la qualité des services utilisés chaque jour par les clients. En outre, un débit élevé ne suffit pas pour délivrer un service optimal. Le réseau doit être fiable, optimisé et dimensionné de bout en bout : radio, transport, cœur de réseau, interconnexion avec les acteurs de l'internet. L'émergence de la 5G avec de nouveaux services et usages, notamment industriels, introduiront de nouveaux critères de différenciation entre les réseaux, par exemple la latence, et constituent de nouveaux défis pour les opérateurs.

Les résultats de l'enquête QoS 2021 sont significatifs. On constate une augmentation de la qualité de service sur les axes de transports entre 2020 et 2021. Cette augmentation s'explique par la densification des réseaux apportée dans le cadre des obligations de couverture des axes routiers prioritaires et des axes ferrés régionaux telles que prévues dans le cadre du New Deal et par les autorisations 3,5 GHz mais également par les renforcements de couvertures dédiées dans les métros.

Il est nécessaire de procéder à des aménagements législatifs et réglementaires pour faciliter les déploiements des opérateurs : revoir la loi Littoral, pérenniser la loi ELAN, création d'un régime juridique permettant de sécuriser le foncier, évolution conjointe du code de l'urbanisme et du code de l'énergie

Les résultats de l'enquête QoS 2021, démontrent bien la nécessité de renforcer la capacité des réseaux dans les zones touristiques. Malgré les efforts fournis par les opérateurs, mais aussi par l'Etat afin de résorber la fracture numérique des territoires, les différentes contraintes et servitudes, ralentissent les déploiements, qui permettraient de répondre aux besoins d'une société qui évolue, en termes d'usage mais aussi par ses pratiques (télétravail...)

La crise de la COVID-19 a renforcé ces besoins. L'accord du New Deal mobile a permis un renforcement majeur de la qualité de service et de répondre aux besoins d'accès aux services dans les territoires. Néanmoins, l'évolution des usages nécessite de plus en plus de renforcer la capacité des réseaux, pour répondre aux demandes des clients. Il reste en effet de nombreuses zones où la qualité de service, voire la couverture, est médiocre, du fait de l'impossibilité de déployer dans des conditions optimales en raison de contraintes règlementaires (zones classées, Natura 2000, loi Littoral, parc naturels régionaux...). La principale contrainte rencontrée dans les territoires littoraux s'explique par les exigences de la loi Littoral aux installations radioélectriques, en application de l'article L. 121-8 du code de l'urbanisme. En effet, cet article prévoit que ces installations doivent être implantées au sein des espaces urbanisés ou en continuité de ces derniers, sauf à constituer une extension de l'urbanisation illégale. Cette obligation de rapprocher les installations radioélectriques des habitations engendrent des conflits avec les riverains, et contribue donc à accentuer la fracture numérique de ces territoires.

Cette partie du territoire national regroupe une part importante de la population, parfois de façon saisonnière, ce qui oblige à dimensionner le réseau mobile pour faire face aux besoins temporaires, professionnels ou privés. Une évolution législative est nécessaire afin de laisser la possibilité aux élus locaux des communes littorales d'arbitrer en préservant à la fois les paysages et la qualité de vie des habitants.

Au-delà de la loi Littoral, le cadre législatif et réglementaire en vigueur est encore une source de blocage et de lenteur dans le déploiement des sites mobiles, empêchant son achèvement et laissant certains territoires en attente d'une amélioration concrète de la situation. Dans ce cadre, plusieurs propositions ont été émises par la FFTélécoms, dont Bouygues Telecom fait partie.

La première proposition consiste à pérenniser la suppression de la faculté de retrait des décisions d'urbanisme autorisant ou ne s'opposant pas à l'implantation d'antennes relais de radiotéléphonie. En effet, l'accélération des déploiements doit nécessairement s'accompagner d'une sécurisation des autorisations d'urbanisme à l'implantation d'infrastructures de téléphonie mobile. La mise en place du New Deal mobile a conduit le législateur à modifier l'article L.222 de la loi ELAN, à titre expérimental jusqu'au 31 décembre 2022, prévoyant une exception à la faculté de retrait des décisions d'urbanisme portant sur les infrastructures de téléphonie mobile, par dérogation à l'article L.424-5 du code de l'urbanisme. Cette dérogation doit être prolongée au-delà du 31 décembre 2022.

La deuxième proposition vise à sécuriser l'occupation du foncier. Les installations de téléphonie mobile ont le caractère d'équipement public, leur déploiement se fait dans le cadre juridique de droit commun d'accès au foncier, entraînant pour les opérateurs de téléphonie mobile, plusieurs difficultés de nature à contrarier le déploiement du réseau. Les rapports locatifs auxquels sont actuellement soumis les opérateurs font peser un risque de remise en cause des installations, du fait du changement de propriétaire, du refus de renouvellement, etc., ainsi que de spéculations foncières. Afin de sécuriser l'occupation du foncier et d'assurer la pérennité des installations de téléphonie mobile nécessaires à la couverture du territoire, la FFTélécoms propose de créer un régime juridique spécifique, reposant sur un nombre limité de règles d'ordre public applicables au bail civil.

Une autre proposition visant à faciliter les déploiements consiste à synchroniser les autorisations d'urbanisme avec les questions de raccordement électrique des sites mobiles. La réglementation en vigueur prévue par le code de l'urbanisme (article L. 111-11) n'autorise pas la délivrance d'une autorisation d'urbanisme lorsque l'autorité compétente n'est pas en mesure d'indiquer dans quel délai et par quelle collectivité doivent être exécutés les travaux portant sur les réseaux de distribution d'électricité nécessaires pour assurer la desserte du projet. Concernant le raccordement des installations de téléphonie mobile, ces règles sont une source de lenteur importante, dans la mesure où, d'une part, la réalisation et le délai de tels travaux peuvent demeurer incertains lors de l'instruction des demandes d'urbanismes, et, d'autre part, le formalisme exigé pour la mise en œuvre de cette participation est relativement lourd. En effet, cette participation est exigible dès lors qu'elle a été prescrite dans l'arrêté de délivrance de l'autorisation d'urbanisme, ou dans un arrêté spécifique en cas de décision de non-opposition à une déclaration préalable ou tacite, dans les conditions prévues à l'article L. 424-6 du code de l'urbanisme. A défaut, elle doit faire l'objet d'une délibération de la collectivité. Afin de simplifier les déploiements, la FFTélécoms propose d'introduire dans le code de l'énergie (par modification

de l'article D. 342-9) une disposition encadrant le délai dans lequel le gestionnaire du réseau public de l'électricité traite les demandes de raccordement des installations des antennes relais (délivrance de l'étude sous 2 mois) ; ainsi que de prévoir (par modification de l'article L.332-8 du code de l'urbanisme) que l'autorisation d'urbanisme, lorsqu'elle porte sur une installation nécessaire à l'implantation d'antennes relais, peut être délivrée en deux temps, le montant de la contribution au raccordement électrique étant fixé par un second acte (dans un délai de 2 mois).

Question 22. Quels sont les critères de performances clefs nécessaires pour évaluer la qualité des services mentionnés ? Avez-vous noté des évolutions de cette qualité ces dernières années ?

Comme indiqué en réponse à la question 21, l'accord New Deal et les obligations associées aux autorisations 3,5 GHz ont conduit à une amélioration sensible de la qualité de service des réseaux mobiles.

La recherche de débits pics de plus en plus performants nous paraît inadaptée puisque ces débits ne correspondent pas à des usages ni à des besoins réels

Aussi, si l'ARCEP cherchait à définir de nouveaux critères de performance des réseaux mobiles en remplacement de la mesure des débits pics, nous considérons qu'ils devraient permettre d'encourager la recherche de l'adéquation entre les besoins et les capacités déployées par une mesure de la charge des réseaux.

Une autre piste d'évolution des critères de performance mesurés par l'ARCEP serait de ne pas considérer uniquement les statistiques d'établissement d'appel ou de téléchargement mais d'évaluer la résilience des réseaux en mesurant la durée du maintien d'appel ou de téléchargement.

Question 23. Quels seraient les besoins, en distinguant le grand public et les usages professionnels, qui pourraient ne pas être satisfaits par la combinaison des obligations déjà existantes ? Identifiez-vous d'autres leviers pour garantir que les déploiements répondent à ces besoins ? Si oui, quelles en seraient les modalités les plus adéquates ? Les programmes/obligations actuelles sont ambitieuses et nous ne sommes qu'au début de ces programmes. Premiers effets constatés dès l'enquête QoS 2021, si bien qu'il semble être trop tôt pour de nouvelles obligations.



Enfin nous notons que les obligations actuelles de déploiement dans la bande 700 MHz en ZDP et l'obligation de montée en débits prévue dans l'autorisation d'utilisation des fréquences 3,5 GHz sont redondantes.

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

Question 24. Quelles sont les évolutions attendues des usages à l'intérieur des bâtiments ? Pour répondre aux besoins, quelles seraient les solutions techniques et les modèles d'affaires (par exemple opérateur neutre) les plus appropriés ?

Des travaux ont été effectués en 2021 avec les trois autres opérateurs pour la mise en place du cahier des charges permettant de se raccorder à des équipements DAS préinstallés par des tiers, conformément aux obligations liées aux AUF de la bande 3,5 GHz.

Bien que plusieurs acteurs neutres soient présents sur le marché, Bouygues Telecom insiste sur le rôle de l'opérateur pour superviser et agir sur ses équipements actifs, pour le client notamment dans le cadre de flottes dédiées.

Lors des différents échanges dans le cadre de la mise en place de ce cahier des charges, les demandes des acteurs neutres se heurtaient parfois aux questions de sécurité, de QoS et de performance (que ce soit à l'ouverture ou dans le temps) des opérateurs. En effet, l'opérateur est toujours responsable vis-à-vis de ses clients (particuliers, ou entreprises). Un tiers ne peut intervenir sur le cœur de réseau des opérateurs.

Les nouveaux cas d'usage concernent surtout le secteur industriel ou des infrastructures de l'Etat (par exemple, l'appel d'offres RRF). Le risque pour les clients de ces nouveaux modèles avec des acteurs neutres est une dégradation de la qualité de service offerte.

Question 25. Quelles fréquences supplémentaires pourraient permettre de répondre aux besoins de couverture et de qualité de service indoor, et de quelle manière ?
En particulier : la bande 26 GHz est-elle adaptée pour des solutions ad hoc en indoor ? Les bandes 450 MHz et 1,4 GHz pourraient-elles permettre, vu leurs qualités de propagation, un gain de couverture en indoor via les réseaux mobiles ? Quelles autres fréquences pourraient être envisagées pour répondre à ce besoin de couverture ?

Les bandes de fréquences attribuées sont suffisantes pour répondre aux déploiements et besoins des DAS.

Les usages standards fonctionnent sur ces fréquences du fait de l'écosystème des terminaux, lequel s'est développé grâce à un usage de ces bandes non pas uniquement en indoor mais également en outdoor.

S'agissant des bandes de fréquences qui pourraient prochainement être attribuées, nous considérons que la bande 1400 MHz pourra permettre des gains de couverture en indoor. Les perspectives d'amélioration de la couverture indoor au moyen de la bande 450 MHz dépendra notamment de l'évolution du cadre réglementaire pour permettre des systèmes large bande et du développement de l'écosystème. Pour le 26 GHz, l'apport capacitif en indoor dépend là encore du développement de l'écosystème terminaux, lequel est actuellement très restreint.

Nous n'avons pas identifié de besoins d'autres bandes de fréquences.

Question 26. Quel rôle joue le Wifi dans l'ensemble des solutions pour fournir des services à l'intérieur des bâtiments ? Le cas échéant, pour quels usages le Wifi n'est-il pas une technologie appropriée, et pour quelles raisons ?

Nous considérons que le WiFi et la 5G ne doivent pas être opposés l'un à l'autre mais doivent au contraire être vus comme des solutions techniques complémentaires.

Chacune de ces technologies a des domaines d'application où elle constitue la meilleure alternative. S'agissant des appels voix sur mobile, nous constatons que la voix sur WiFi n'est pas viable et que ce service est plus adéquatement fourni sur un réseau mobile (via notamment l'utilisation de DAS). Pour les applications M2M / IoT, nous considérons que la technologie LTE-M est plus à même de répondre aux besoins du fait de ses coûts modérés et de ses caractéristiques en termes de latence et de sécurité qui semblent inatteignables par le WiFi. Le WiFi est quant à lui parfaitement adapté pour les usages bureautiques, comme extension des réseaux fixes.



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

Question 27. Les dispositions existantes vous paraissent-elles satisfaisantes et suffisantes ? En particulier, pensez-vous nécessaire de prévoir des nouvelles dispositions pour assurer la généralisation du « très haut débit » ou permettre aux utilisateurs qui le souhaitent une redondance des réseaux filaires par des technologies hertziennes ? Avez-vous des propositions à faire ?

Question 28. Concernant les besoins pour les usages professionnels, identifiez-vous d'autres besoins que celui, évoqué supra, d'une connexion redondante afin de garantir la continuité de l'accès en cas d'interruption de service ? Quelles dispositions souhaiteriez-vous voir mises en œuvre ?

Les offres d'accès fixe sur réseau mobile sont aujourd'hui faites dans des conditions spécifiques et ne seraient pas répliquables dans les mêmes conditions tarifaires si leur recours venait à s'étendre

[✂] Un tel usage n'est absorbable qu'à condition qu'il se matérialise dans des zones peu chargées et qu'il ne concerne qu'un faible nombre d'abonnés par site. Ainsi, une solution d'accès fixe à très haut débit par les réseaux mobiles dans les zones où la fibre optique jusqu'à l'abonné n'est pas encore disponible n'est viable que pour des habitats dispersés, sous réserve d'une couverture suffisante (bande haute en indoor) par les réseaux mobiles.

Pour étendre la capacité du réseau à quelques dizaines d'utilisateurs par site, des solutions avec des antennes de réception installées à l'extérieur de l'habitation à couvrir peuvent être avantageusement envisagées puisque les antennes extérieures permettent d'améliorer l'efficacité spectrale et d'augmenter les tailles des zones éligibles au service d'accès fixe. L'ajout de fréquences supplémentaires sur les sites permet également d'augmenter cette capacité, toujours sous réserve de couverture par ces fréquences. Le modèle économique d'une telle offre reste à construire, que ce soit pour les modalités d'installation des antennes ou pour l'ajout de fréquences. En effet, l'offre actuelle prend en compte que les usages sur les box sont limités et qu'il s'agit de box indoor. Le coût de ces offres serait bien plus élevé s'il était nécessaire de considérer des usages plus conséquents et des box avec des antennes outdoor.

Bouygues Telecom propose déjà aux utilisateurs qui le souhaitent une redondance du réseau fixe par des technologies hertziennes.

3.2 Numérique soutenable

Question 29. Avez-vous des propositions (leviers d'action, moyens, stratégies etc.) à partager en matière de gestion du spectre ou d'attribution de fréquences pour réduire l'impact environnemental des réseaux et plus généralement promouvoir un numérique soutenable ? Quelles exigences ou prérequis seraient nécessaires pour rendre opérant, le cas échéant, ce levier (disponibilité de données, cohérence méthodologique, contrôle/audit a posteriori etc.) ?

L'Autorité a des leviers pour permettre aux opérateurs de réduire l'impact environnemental de leurs réseaux

La course aux débits pics entretenue par les enquêtes ARCEP et la volonté de publication de cartes de débits ont un effet contreproductif au niveau de l'environnement puisqu'elles incitent à ajouter des fréquences sur des sites là où ce n'est ni justifié par le trafic à écouler ni par les usages des clients finaux.

Une démarche de sobriété environnementale devrait encourager les opérateurs à :

- Proposer des débits adaptés aux usages et donc de dimensionner le réseau en fonction de sa charge et des usages réels des clients ;
- Eteindre des fréquences ou des antennes (MIMO) en cas de charge réduite ;
- Avoir une approche sur la soutenabilité environnementale d'un développement non contrôlé des usages numériques (neutralité du net – possibilité pour les opérateurs de réguler certains flux/usage en fonction de la charge des réseaux).

Il pourrait également être envisagé, sur les zones en RAN à 4, de mutualiser (MOCN) les fréquences 3G 900 MHz lorsque le trafic sur les sites ne justifie pas l'empilement d'une fréquence par opérateur.

Question 30. En tant qu'opérateur ou entreprise, disposez-vous d'une stratégie environnementale ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau de votre organisation ? Comporte-t-elle un volet réseau ou numérique ? Avec quels outils ou quelle méthodologie contrôlez-vous le respect de cette stratégie ? De quelle manière la sollicitation et l'utilisation de fréquences jouent un rôle dans cette stratégie ?

Bouygues Telecom déploie depuis le début des années 2000 une politique environnementale afin de maîtriser sa consommation de matières premières. Bouygues Telecom a pour objectif d'assurer l'accès à un service de qualité tout en améliorant de façon continue son empreinte environnementale, en particulier de ses infrastructures.

En 2020, Bouygues Telecom a présenté sa stratégie climat, laquelle fixe des objectifs quantifiés en matière de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre (GES) compatibles avec la trajectoire de l'Accord de Paris et présente ses leviers d'actions. En particulier, notre objectif est, d'ici à 2030, de réduire de 50% nos émissions de CO₂ des scopes 1 et 2 et de 30% nos émissions de CO₂ du scope 3 (en prenant 2020 pour année de référence). Ces objectifs sont atteignables notamment en ayant recours à des énergies renouvelables, en améliorant la performance énergétique des

sites télécoms et des centres de données et en choisissant des équipements plus vertueux. Pour contribuer à l'atteinte de cet objectif, Bouygues Telecom agit également dans le domaine des terminaux en optimisant leur cycle de vie (stratégie 4R : réparation, reprise, reconditionnement, recyclage) et promeut des usages plus responsables.

Plus spécifiquement sur notre réseau mobile, nous menons des actions visant à contrebalancer l'augmentation naturelle de la consommation énergétique du fait de l'accroissement de la couverture, de la réponse aux obligations figurant dans nos autorisations d'utilisation de fréquences et de l'évolution des usages. Ainsi, nous mettons notamment en œuvre des fonctionnalités de mise en veille des fréquences lorsqu'elles sont moins sollicitées (notamment la nuit tout en s'assurant que cela ne dégrade pas la qualité de l'expérience client) et nous optimisons la consommation des amplificateurs de puissance (équipements consommant le plus d'énergie) pour pouvoir limiter leur impact lorsqu'ils ne sont pas utilisés. [X]

Enfin, l'ajout d'une bande de fréquences est plus vertueux environnementalement qu'un ajout de site pour répondre à un besoin de capacité.

Question 31. Pour chacune des bandes de fréquences mentionnées en partie 4, identifiez-vous des impacts environnementaux positifs ou négatifs propres à l'utilisation de ces bandes de fréquences ?

L'attribution de nouvelles bandes aux opérateurs mobiles (notamment les bandes 1 400 MHz, 3 420 – 3 490 MHz, et à plus long terme les bandes 6 GHz et UHF) leur permettra de répondre aux besoins capacitifs toujours croissants tout en optimisant les émissions de CO₂

Le volume de nouveaux sites mobiles que les nouvelles bandes de fréquences permettront d'éviter (et donc les économies en termes de CO₂ émis) dépendent des choix que fera l'ARCEP.

D'une part la quantité de fréquences et la diversité des fréquences à attribuer aux opérateurs mobiles doit être en cohérence avec les besoins. A ce titre, nous identifions, [X], des besoins de capacité supplémentaires, à la fois dans des bandes basses et dans des bandes moyennes, qui pourraient adéquatement être satisfaits par les bandes 1 400 MHz et 3,5 GHz.

D'autre part, nous considérons que les déploiements de ces fréquences doivent être liés à des enjeux capacitifs identifiés par les opérateurs et que des obligations de déploiement, si l'ARCEP venait à en retenir, pourraient conduire à des déploiements non indispensables et donc être source d'émissions de CO₂ sans bénéfices pour les consommateurs.

L'attribution du reliquat de la bande 3,5 GHz à des acteurs autres que les opérateurs mobiles viendrait réduire son apport en termes de réduction des émissions de CO₂

Les opérateurs mobiles sont déjà titulaires d'autorisations d'utilisation de fréquences dans la bande 3 400 -3 800 MHz. Ils auront à terme des antennes compatibles avec l'ensemble de la bande ou, a minima, avec des blocs plus larges que ceux qu'ils ont actuellement. L'exploitation du bas de la bande par les opérateurs mobiles se ferait donc sans une multiplication des équipements

déployés et sans augmentation de la consommation électrique (sauf celle liée à l'augmentation du trafic).

Les modalités de protection du MSS au-dessus de 1 518 MHz entraîneront des conséquences sur la quantité de fréquences réellement attribuable et donc sur le trafic que pourra porter cette bande

L'impact carbone des déploiements d'équipements pour la bande 1 400 MHz est le même pour un opérateur quelle que soit la quantité de fréquences qu'il obtient. Ainsi, plus il dispose de fréquences, plus l'impact carbone par capacité ajoutée est faible. L'ARCEP devrait donc rechercher des conditions de coexistence avec le MSS au-dessus de 1 518 MHz qui permettent l'attribution de l'ensemble de la bande 1 432 – 1 517 MHz avec des conditions techniques similaires quelle que soit la sous-bande considérée.

3.3 Mutualisation

Question 32. Comment les stratégies d'attributions de fréquences peuvent-elles contribuer à la mutualisation des infrastructures ? Au-delà du cadre existant, quelles sont les mesures spécifiques en matière de partage de réseaux mobiles pour les déploiements futurs qui pourraient être utiles ?

Le niveau actuel de mutualisation (passive ou active) est adéquat

La mutualisation passive est fortement encouragée au titre de l'article D98-6-1 du CPCE, dans la mesure où les opérateurs doivent faire en sorte, autant que possible, de partager les sites radioélectriques avec les autres utilisateurs, notamment en privilégiant toute solution de partage avec un site ou pylône existant. Ces principes actuels sont suffisants. En effet, toutes évolutions futures, nécessaires à la qualité de service due aux clients pourraient être entravées par de nouvelles obligations dans ce domaine. A cela s'ajoutent par ailleurs d'autres contraintes comme exposé en réponse à la question 21.

Concernant la mutualisation active, Bouygues Telecom est déjà très engagée dans le processus de mutualisation, à la fois dans le programme à quatre opérateurs (dispositif de couverture ciblée, mais aussi les anciens programmes zones blanches) mais également au travers du programme Crozon avec SFR. [X]

Par ailleurs, comme l'Autorité l'a elle-même constaté, en limitant la concurrence par les infrastructures, le partage de réseaux mobiles peut aussi limiter l'autonomie technique et commerciale de chaque opérateur et restreindre les incitations à l'investissement et l'innovation.

La mutualisation est utile en indoor

Le cadre permettant la mutualisation en indoor s'est largement développé à la suite de la publication par les opérateurs mobiles du cahier des charges pour le raccordement de DAS installés par des tiers (conformément à l'obligation prévue dans les autorisations 3,5 GHz. Les déploiements de DAS et le raccordement des opérateurs pourraient être facilités par des règles permettant la participation des grands bailleurs [X] et la mise à disposition de locaux ou d'énergie.

Question 33. Dans quel environnement (par exemple : indoor/outdoor, zone dense/moins dense, etc.) la mutualisation des petites cellules serait-elle la plus appropriée ? Pour quels gains ? Au contraire, dans quel environnement serait-elle la plus problématique ? Pour quelles raisons ? Quels sont les enjeux concurrentiels et/ou stratégiques liés à la mutualisation des petites cellules que vous identifiez ?

La mutualisation des petites cellules nuit à leur efficacité et réduit leur intérêt

Le retour des premières expériences de déploiement de petites cellules sur du mobilier urbain ou sur des façades d'immeubles, est que la couverture apportée par ces petites cellules est limitée et peine à atteindre le trafic des usagers, en particulier à l'intérieur des bâtiments. Du fait des règles de respect de l'exposimétrie, nous avons ainsi conclu qu'il fallait limiter le nombre de porteuses sur ces petites cellules de manière à augmenter la puissance de ces porteuses pour avoir une chance de capter du trafic. La mutualisation, impose une réduction de puissance par porteuse qui conduit à une réduction de couverture, ce qui est contreproductif.

Les solutions de mutualisation ne sont donc envisageables que dans les lieux où la couverture n'est pas un enjeu, c'est-à-dire pour des poches de trafic bien localisées (stades, halls de gare, ...).

4 Questions spécifiques par bande de fréquences

Question 34. Parmi toutes les bandes de fréquences listées ci-dessus et détaillées par la suite, lesquelles apparaissent prioritaires pour vos besoins ?

Les conditions d'exploitation de la bande 3,5 GHz devraient être améliorées

Avant même d'avoir besoin de nouvelles bandes de fréquences, un opérateur mobile a besoin de pouvoir exploiter avec le minimum de contraintes les fréquences qui lui ont déjà été attribuées. Or pour deux bandes de fréquences (la bande 2 600 MHz et la bande 3,5 GHz), des contraintes de déploiement sont apparues après l'attribution des fréquences. S'agissant de la bande 3,5 GHz, les opérateurs subissent des contraintes de déploiement importantes autour de certains aéroports (et héliports) pour la protection des radioaltimètres alors même que peu de pays dans le monde ont pris des dispositions similaires. Nous demandons que les pouvoirs publics lancent les actions nécessaires pour que ces contraintes puissent être levées d'ici 12 mois, sur le modèle des Etats-Unis où un vaste programme de mise à niveau des radioaltimètres va permettre la levée des contraintes de déploiement pour les opérateurs mobiles d'ici juillet 2023.

A court terme, les bandes 1 400 MHz et 3 420 – 3 490 MHz devraient faire l'objet d'une attribution

Pour offrir un service mobile de qualité à un coût raisonnable, un opérateur mobile doit avoir accès à des bandes de fréquences complémentaires. Les fréquences basses lui permettent de couvrir de larges zones tout en minimisant le nombre de sites radio nécessaires. Ces fréquences permettent donc de réduire l'impact environnemental des réseaux mobiles, de minimiser les risques d'opposition de citoyens à l'implantation d'un site radio et de réduire les coûts de déploiements. Ces fréquences permettent également d'accroître la qualité de service à l'intérieur des bâtiments. Les bandes basses actuellement attribuées (700 MHz, 800 MHz et 900 MHz) auront besoin à moyen terme d'un complément capacitif. Ce complément capacitif pourrait adéquatement être satisfait par la bande 1 400 MHz pour laquelle nous recommandons la mise en œuvre d'un

calendrier permettant l'attribution de la bande 1 452 – 1 492 MHz aux opérateurs mobiles [✂]. S'agissant des bandes d'extension de la bande 1 400 MHz (ie. 1 432 – 1 452 MHz et 1 492 – 1 517 MHz), nous considérons qu'il serait opportun d'attendre [✂] pour mettre les fréquences à disposition des opérateurs mobiles eu égard aux incertitudes quant à l'exploitabilité du haut de la bande et à l'indisponibilité d'un écosystème terminaux.

Au-delà des bandes basses, un opérateur a également besoin de disposer de fréquences moyennes et hautes. A ce titre, la bande 3 420 – 3 490 MHz, que les opérateurs vont contribuer à libérer du fait des engagements pris dans le cadre de l'attribution de la bande 3 490 – 3 800 MHz, apportera un supplément de capacité pour les sites déjà équipés en bande 3,5 GHz. Nous recommandons donc l'attribution de cette bande selon un calendrier compatible avec la date de fin de l'ensemble des autorisations BLR et THD Radio dans cette bande (i.e. juillet 2026).

A plus long terme, les bandes 6 GHz haut et 470 – 694 MHz présentent un intérêt

Au même titre que la bande 1 400 MHz, la bande 470 – 694 MHz permettra d'accroître la capacité des réseaux mobiles notamment dans les zones les moins denses. Au même titre que le reliquat de la bande 3,5 GHz, la bande 6 GHz, bien qu'elle ait des caractéristiques de propagation plus défavorables, pourrait être déployée sur des sites macro et ainsi apporter un supplément de capacité dans les zones où les autres bandes de fréquences sont saturées.

Question 35. Identifiez-vous d'autres bandes de fréquences présentant un intérêt pour le service mobile dans un horizon rapproché ?

Nous n'identifions pas de bandes de fréquences présentant un intérêt pour le service mobile qui n'auraient pas été listées par l'ARCEP.

4.1 Partage des fréquences et attributions localisées

Question 36. Parmi les bandes de fréquences qui font l'objet de questions ci-dessous, lesquelles semblent les plus appropriées à une attribution localisée ? A une réutilisation par usage secondaire ?

Question 37. Le cas échéant, si ces bandes de fréquences voient coexister usage mobile et autres usages (satellite, lien fixe ...), quels modes de partage vous apparaissent pertinents ?

Question 38. Pour quelles bandes de fréquences un partage « dynamique »¹ du spectre entre titulaires d'autorisation pour un usage mobile, ou entre titulaires d'autorisation pour des usages différents, vous semblerait pertinent ? Avec quelles modalités de mise en œuvre possibles ?

Les utilisateurs de spectre ont besoin de certitudes quant à la pérennité de leur accès au spectre (y compris pour les usages Verticaux). La libération complète des fréquences avant leur réattribution doit rester la priorité

Lors de l'attribution des bandes basses et moyennes, la priorité doit être donnée à la libération complète des fréquences pour ne pas entraver les déploiements et nécessiter la mise en place de procédures complexes (ex. cohabitation entre mobile et TNT dans la bande 700 MHz pendant 3 ans, trame de synchronisation imposée à 3,5 GHz du fait de la BLR résiduelle, bande 3,8 -4,2 GHz où la cohabitation avec les satellites sera contraignante notamment s'agissant de la puissance d'émission).

Un partage à long terme et/ou dynamique d'une bande en réduit son potentiel et donc les perspectives d'investissements puisqu'il impose des contraintes géographiques ou des contraintes opérationnelles (sous forme de puissances d'émissions ou d'incertitudes sur la disponibilité de la ressource...) ou encore, dans le cas d'un partage dynamique, des surcouts (bases de données, équipements/terminaux, ...). Le spectre CBRS aux Etats-Unis est un bon exemple de la plus faible valorisation du spectre partagé (bande 3 550 – 3 700 MHz) par rapport à du spectre non partagé (bande 3 700 – 3 980 MHz).

Pour les bandes plus hautes, un partage statique et géographique (voire fréquentiel) entre utilisateur historique et nouvel utilisateur pourrait être utile de manière transitoire (ex. cohabitation entre FH et 5G dans les bandes 6 GHz haut et 26 GHz). Le partage temporel a cependant peu de sens pour les réseaux mobiles puisque ces réseaux sont utilisés tous les jours et tout au long de la journée.

Comme indiqué par le RSPG dans son avis sur le partage du spectre, le partage du spectre peut poser des problèmes de concurrence. L'ARCEP devra précisément évaluer ce point à l'horizon 2031 quand elle étudiera l'opportunité de permettre l'utilisation "secondaire" du spectre 3,5 GHz attribué aux opérateurs mobiles en 2020 (selon le §1.9 des autorisations 3,5 GHz délivrées). Les opérateurs ont obtenu ces fréquences de la bande 3,5 GHz en contrepartie de redevances et obligations, notamment de déploiement. Il serait inéquitable qu'un acteur ait accès aux mêmes

¹ Un partage du spectre peut être qualifié de dynamique lorsqu'il s'appuie sur des mécanismes permettant de tirer parti du fait que l'usage des fréquences par un titulaire d'une autorisation d'utilisation des fréquences n'est pas effectif 100% du temps, pour 100% du spectre qu'il est autorisé à utiliser, et sur 100% de l'étendue géographique de son autorisation. [Voir la note publiée à ce sujet par l'Arcep dans le cadre « Réseaux du futur ».](#)

fréquences sans avoir à supporter le poids de ces obligations. Nous notons enfin qu'un tel schéma de partage secondaire n'est pas pertinent pour les industriels puisqu'il ne leur permettrait pas d'avoir de certitude sur la durée pendant laquelle ils pourront effectivement utiliser les fréquences.

Les technologies évoluent et font que les systèmes sont de plus en plus sensibles (i.e. capables de fonctionner avec de plus faibles niveaux de signal reçus) et donc plus susceptibles d'être interférés. L'utilisation des bandes mobiles doit continuer à reposer sur un système centralisé permettant l'allocation des ressources radio. En particulier, le mode de partage des bandes sous autorisation générale, sans garantie d'accès, comme le WiFi, n'est pas souhaitable dans les bandes mobiles. Enfin, les exigences sur les récepteurs devraient être renforcées pour faciliter la cohabitation entre systèmes en bandes adjacentes (ex. radioaltimètres, MSS 1 518 MHz, ...).

Il est souhaitable de laisser le détenteur de l'autorisation juger si le partage de son spectre avec un ou des utilisateurs est possible plutôt que d'imposer ce partage.

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

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

Question 39. Compte tenu de cette contrainte pérenne, estimez-vous pertinent que ce bloc soit proposé pour attribution ?

Le bloc 1427 - 1432 MHz présente peu d'intérêts et pourrait ne pas être proposé à l'attribution

Vu les contraintes sur les émissions hors-bande sous 1 427 MHz pour la protection du service d'exploration de la terre par satellite (-72dBW/27MHz), le 3GPP a fait le choix de faire de la bande 1 427 – 1 432 MHz une bande à part (bande 76) du reste de la bande 1 400 MHz (bande 75). Ainsi, les équipements pour la bande 75 peuvent utiliser la bande 1 427 – 1 432 MHz comme bande de garde, facilitant ainsi la conception de filtres permettant d'atteindre la valeur attendue sous 1 427 MHz.

Pour atteindre une telle performance en termes d'émissions hors-bande, il serait nécessaire d'avoir une puissance in-band très limitée dans la bande 1 427 – 1 432 MHz. Nous considérons donc que cette bande présente peu d'intérêts puisqu'elle nécessitera le déploiement d'une porteuse dédiée avec une faible puissance et d'une largeur de 5 MHz seulement qui ne sera pas agrégeable avec une autre porteuse à plus forte puissance dans la bande 1 400 MHz. Ainsi, elle ne pourra servir de complément capacitif même de manière très localisée. Nous considérons donc que l'attribution de cette bande n'est pas indispensable.

Question 40. Quels impacts pourraient avoir respectivement ces niveaux de seuils sur les utilisations potentielles de la bande 1,4 GHz et les déploiements que vous pourriez envisager ?

Question 41. Les contraintes de déploiements mentionnées ci-dessus constituent-elles un réel frein à l'utilisation des fréquences dans les sous-bandes 1492 - 1517 MHz (en phase 1) et 1502 - 1517 MHz (en phase 2), et par voie de conséquence au souhait de se porter candidat pour obtenir ces fréquences ? Le cas échéant, quelle date de prise en compte des seuils de la phase 2 pourrait être pertinente ?

Les incertitudes sur l'exploitabilité de la bande 1 492 – 1 517 MHz ont des conséquences sur l'attribution de l'ensemble de la bande 1 400 MHz

Les conditions d'exploitation de la bande 1 492 – 1 517 MHz ont un impact sur l'attribution de l'ensemble de la bande 1 400 MHz puisqu'elles peuvent de fait conduire à des disparités importantes entre les différents blocs constituant la bande. En cas de contraintes drastiques dans la bande 1 492 - 1 517 MHz, l'intérêt pour ces blocs serait significativement moindre que pour les autres blocs de la bande. Il pourrait par exemple s'avérer nécessaire de décaler l'attribution de la bande 1 492 – 1 517 MHz jusqu'au lancement de la phase 2 (terminaux MSS mis à niveau) ou bien d'attribuer l'ensemble de la bande 1 400 MHz en même temps mais d'avoir une répartition transitoire des fréquences concentrée dans la bande 1 452 – 1 492 MHz jusqu'au début de la phase 2 puis une migration vers la répartition cible dans l'ensemble de la bande 1 432 – 1517 MHz.

L'ARCEP doit au plus vite clarifier les conditions techniques d'utilisation de la bande 1 492 – 1 517 MHz et permettre un démarrage de la phase 2 au plus tôt

Depuis 2017, date de la publication du rapport ECC 263 (étudiant notamment la coexistence entre service mobile sous 1 517 MHz et service mobile par satellite au-dessus de 1 518 MHz), les améliorations nécessaires de la sélectivité des terminaux MSS sont connus. Nous considérons que les travaux nécessaires au remplacement de ces terminaux auraient dû être engagés dès cette année-là afin de permettre de commencer la phase 2 au plus tôt. Nous rappelons que les risques de perturbation des terminaux MSS aux ports et aux aéroports ne présentent pas un enjeu de sécurité ou de sûreté puisque de telles perturbations n'interviendraient que lors de tests du bon fonctionnement desdits terminaux MSS. Les conséquences de telles perturbations seraient donc limitées à des rallongements des procédures de tests et donc à des retards de départs d'avions ou de bateaux (et aux surcoûts associés). Les compagnies aériennes et acteurs maritimes devraient donc naturellement être incités à remplacer leurs terminaux MSS afin de limiter ces conséquences.

L'ARCEP doit ainsi lancer les travaux permettant de clarifier l'exploitabilité de la bande 1 492 – 1 517 MHz à la fois durant la phase 1 (terminaux MSS non mis à niveau) et durant la phase 2 (terminaux MSS mis à niveau). Si pour la phase 2 la performance attendue des terminaux MSS en termes de blocking est connue (-30dBm/MHz), il n'en est rien pour la phase 1. En effet, le rapport ECC 299 fait état de différentes exigences possibles de blocking. Elles peuvent être basées soit sur ce qui a été retenu par la FCC soit sur des mesures de performances faites par certains fabricants de terminaux MSS. Les contraintes de déploiement découlant des niveaux de blocking retenus par la FCC sont sensiblement moindres que celles qui découleraient des niveaux mesurés par certains fabricants de terminaux MSS.

Ces travaux doivent aboutir à la définition de niveaux limites de puissance aux ports et aux aéroports, par sous-bande de fréquences et par phase. L'ARCEP doit également communiquer au plus vite la liste des ports et aéroports pour lesquels des mesures de protection seraient retenues ainsi que la date de début de la phase 2. Ces informations permettront d'apprécier l'ampleur de la contrainte et donc d'envisager les modalités d'attribution de la bande 1 400 MHz les plus adaptées.

Question 42. Cette situation nécessite-t-elle de prévoir des modalités particulières pour assurer la coexistence entre ces faisceaux hertziens et les réseaux mobiles utilisant la bande 1,4 GHz ? Le cas échéant, quelles pourraient être ces modalités ?

Le calendrier raisonnable d'attribution de la bande 1 400 MHz est compatible avec son calendrier de libération tel qu'il est déjà prévu.

Le fond de réaménagement du spectre de l'ANFR a été mobilisé pour prendre en charge les coûts de migrations des faisceaux hertziens des utilisateurs qui en ont fait la demande. Nous comprenons que ces migrations auront lieu d'ici fin 2023, voire, dans le pire des cas, début 2024.

Considérant les incertitudes liées à l'exploitabilité de la bande 1 492 – 1 517 MHz telles que décrites dans la réponse à la question 41 et considérant les délais inerrants au lancement de la procédure d'attribution d'une bande de fréquences, il est peu probable ni souhaitable que la bande 1 400 MHz puisse être attribuée aux opérateurs avant début 2024. Il n'y aura donc vraisemblablement pas de période de cohabitation entre le service mobile et les faisceaux hertziens dans cette bande si bien qu'il ne nous paraît pas nécessaire de définir des conditions techniques particulières en lien avec cette cohabitation.



Question 43. Compte tenu des protocoles normalisés, des équipements et terminaux disponibles, quelles sont les bandes de fréquences, actuelles ou à venir, auxquelles la bande 1,4 GHz pourrait être appairée, en fonction de la technologie (4G, 5G ...) et de la sous-bande considérée (bande cœur ou bande complète) ? Veuillez préciser, le cas échéant, le calendrier de disponibilité de ces protocoles, équipements ou terminaux permettant cette utilisation.

La technologie NR en bande 1 400 MHz (1 432 – 1 517 MHz – 3GPP band n75)

Aujourd'hui, le 3GPP a normalisé l'agrégation de cette bande n75 (1 400 MHz SDL) en NR avec les bandes n8 (900 MHz), n20 (800 MHz), n28 (700 MHz) et n78 (3 500 MHz). Il n'y a pas d'agrégation de porteuse de prévue au-delà du bi-bande. Par ailleurs, il y a des restrictions sur les combinaisons avec certaines largeurs de bandes en bande 75, notamment les combinaisons avec 40 MHz de spectre qui ne sont pas normalisées et qui devraient l'être d'ici un an (en SA ou NSA).

Les équipements NR devraient être compatibles avec la totalité de la bande. Les premiers terminaux sont annoncés pour l'année prochaine.

La technologie LTE dans la bande cœur (1 452 -1 492 MHz – 3GPP band 32)

L'agrégation de porteuse est prévue avec les bandes B1 (2 100), B3 (1 800), B7 (2 600), B8 (900), B20 (800) et B28 (700) ; les combinaisons de CA en tri, quadri et penta bande sont également prévues. Les terminaux (haut de gamme) permettent déjà d'agréger la bande cœur.

La couverture apportée par cette bande est directement liée à la couverture de la bande Uplink avec laquelle cette bande est agrégée sur la même technologie.

Question 44. Quels sont les débits envisageables dans cette bande sans agrégation de porteuses ?



Il ne nous paraît pas indispensable de devoir limiter la puissance in-band dans la bande 1 400 MHz. Cependant, si l'ARCEP souhaitait le faire, nous considérons que la valeur de 68dBm/5MHz mentionnée dans la décision communautaire serait appropriée.

Question 45. Compte tenu notamment des possibilités d'agrégation de porteuses permises par les protocoles et équipements actuels et à venir dans cette bande, quelle largeur de bande maximum par canalisation (en MHz) peut être utilisée dans la bande 1,4 GHz, selon la technologie utilisée (4G, 5G ...) ? Le cas échéant, quels sont les schémas d'agrégation intra-bande permis par les standards et à quelle échéance seront-ils disponibles dans les équipements ? Quels débits peuvent être obtenus selon la quantité de fréquences et le schéma d'agrégation utilisés ?

Un opérateur pourrait difficilement exploiter deux blocs de fréquences disjoints dans la bande 1 400 MHz

Les canalisations prévues par le 3GPP dans cette bande pour la technologie LTE sont 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz et 20 MHz. En NR, le 3GPP a prévu les canalisations 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 et 50 MHz.

Il n'y a pas de schéma d'agrégation intrabande, que ce soit en LTE ou en NR, prévu à ce jour dans la norme 3GPP. Il paraît donc raisonnable d'envisager un schéma d'attribution qui permettra aux lauréats de disposer de blocs de fréquences contiguës. En particulier, si le schéma d'attribution venait à distinguer 2 phases (attribution du cœur de la bande dans un premier temps puis attribution des extensions ensuite), il serait nécessaire de prévoir un réaménagement de la bande qui permettrait d'éviter qu'un opérateur soit, in fine, titulaire de deux blocs de fréquences disjoints.

Question 46. Les équipements actuellement disponibles ou à venir permettraient-ils le partage d'installations actives (par exemple via des Multi-Operator Core Networks) dans la bande 1,4 GHz ? Comment s'effectuerait ce partage dans le cas de réseaux déjà mutualisés ? Y aurait-il des difficultés particulières ?

Le partage d'installations actives dans la bande 1 400 MHz n'est possible que pour les sites faisant déjà l'objet d'une mutualisation (MORAN ou MOCN)

De par son fonctionnement en mode SDL, la bande 1 400 MHz ne peut être la seule bande partagée sur un site. La bande 1 400 MHz nécessite d'être appairée à une bande ayant de l'Uplink. Pour un partage de la bande 1 400 MHz, il serait ainsi nécessaire de partager une autre bande de fréquences apportant l'Uplink voire toutes les autres bandes de fréquences du site voire toutes les autres technologies du site (c.f. Question n°56).

Dans les cas du partage d'installations actives dans la bande 1 400 MHz, quand le site est déjà mutualisé (MOCN ou MORAN), il convient de vérifier que l'utilisation de la bande 1 400 MHz n'est pas source de problèmes d'intermodulations ou d'harmoniques avec les autres bandes de fréquences utilisées sur le site.

Question 47. Parmi les utilisations listées ci-dessus, pourriez-vous préciser ceux qui vous paraissent les plus pertinents, compte tenu notamment de la nécessité d'appairer cette bande avec une autre bande de fréquences, des technologies disponibles et, le cas échéant, en tant qu'opérateur, de la couverture actuelle ou programmée de votre réseau ?

Cette bande est adaptée pour accroître la capacité des réseaux mobiles en particulier sur les zones exclusivement couvertes par des bandes basses

Dans les zones exclusivement couvertes par des bandes basses, l'ajout d'une bande haute (par exemple la bande 2 600 MHz) n'est pas une solution satisfaisante aux problèmes de capacité qui pourraient se présenter puisque les clients éloignés du site ne bénéficieront pas directement de l'apport capacitif du fait de leurs mauvaises conditions radio. L'ajout de la bande haute viendra simplement alléger un peu les bandes basses puisqu'elle absorbera une partie du trafic des utilisateurs à proximité du site.

La sous-bande cœur de la bande 1 400 MHz pourra être utilisée en 4G ou en 5G. Ainsi, son attribution aux opérateurs mobiles pourrait leur permettre d'avoir une augmentation de la capacité 4G et ainsi faciliter la migration de bandes basses vers la 5G. Au contraire, sans la bande 1 400 MHz cœur, la migration technologique d'une bande basse viendrait dégrader la qualité du service 4G.

Question 48. Identifiez-vous d'autres utilisations de cette bande ? Avec quelles technologies ?

Question 49. Pour chacune de ces utilisations, veuillez préciser la quantité de fréquences de la bande 1,4 GHz qui permettrait de le développer de façon optimale.

Nous n'identifions pas d'autres utilisations possibles de cette bande vu ses caractéristiques et vu son mode de duplexage (SDL) qui rend nécessaire son agrégation avec une autre bande de fréquences, idéalement plus basse.

Question 50. Quels compléments à la couverture en très haut débit et notamment en fibre optique jusqu'à l'abonné (FttH) l'utilisation de la bande 1,4 GHz pour des services de 4G/5G fixe pourrait-elle apporter ?

La bande 1 400 MHz nous paraît peu adaptée pour du très haut débit fixe

Une solution d'accès fixe à très haut débit via le réseau mobile de l'opérateur n'est envisageable que dans des zones où ce type de trafic est moins susceptible d'exploser. Il s'agit de zones où l'habitat est dispersé et peu nombreux. Dans de telles situations, et à condition que les usages soient limités à du simple play, les cellules du réseau mobile présentent moins de risques d'être saturées. Dans ces zones, la qualité du service d'accès fixe pourrait être améliorée via des solutions de réception positionnées à l'extérieur des bâtiments.

A contrario, une offre d'accès fixe à très haut débit via le réseau mobile n'est pas pertinente sur des zones déjà déployées en FTTH ou sur des grappes d'habitats (quelques dizaines de foyers sur une même zone) non connectés en FTTH. La capacité du réseau mobile n'est pas adaptée à ce type d'usage, quelles que soient les bandes de fréquences disponibles, ce qui générerait une insatisfaction des clients.

La bande 1 400 MHz étant uniquement utilisable pour le lien descendant, elle n'est probablement pas toujours adaptée à un usage fixe qui comporte aussi des exigences sur le lien montant. Or ce lien montant, dans une autre bande de fréquences, devrait à la fois porter les usages liés à l'accès fixe dans la bande 1 400 MHz et aux utilisateurs de la partie Downlink de la bande d'ancrage.

Question 51. Dans quelle mesure les différentes utilisations susmentionnées sont-elles réalisables de façon pertinente « à réseau constant », c'est-à-dire uniquement en installant de nouveaux équipements sur des sites mobiles déjà existants ou prévus à moyen terme ?

Comme évoqué en réponse à la question 47, la bande 1 400 MHz permet d'accroître la capacité des sites qui en ont besoin en évitant d'ajouter de nouveaux sites mobiles dans les zones les moins denses.

Dans les zones les plus chargées, la bande 1 400 MHz permettra simplement de limiter, au moins à court terme, la densification des réseaux tout en maintenant la qualité de service proposée aux clients alors même que les usages augmentent.

Question 52. L'utilisation de la bande 1,4 GHz peut-elle se substituer à l'utilisation d'une bande existante ou s'ajouterait-elle nécessairement aux fréquences que les opérateurs peuvent déjà utiliser ? Favoriserait-elle l'extinction d'une technologie ?

La bande 1 400 MHz s'ajouterait aux bandes que les opérateurs utilisent déjà

Face à l'augmentation des trafics mobiles, les opérateurs doivent investir pour augmenter la capacité de leurs réseaux. Cet ajout de capacité peut notamment se faire efficacement par l'ajout d'une nouvelle bande de fréquences. Chaque nouvelle bande de fréquences vient donc en complément, et non en substitution, des autres bandes de fréquences détenues par un opérateur.

Chaque bande de fréquences possède des caractéristiques qui lui sont propres que ce soit en termes de qualité de propagation, de taille des blocs ou d'écosystème (terminaux, technologies, IoT). Les opérateurs ont donc besoin de portefeuilles fréquences diversifiés pour pouvoir répondre efficacement aux besoins et être à même de faire évoluer leurs réseaux. Si un opérateur concentrait ses besoins dans une seule bande de fréquences ou peu de bandes de fréquences, il s'exposerait au risque de ne pas bénéficier de l'écosystème infrastructures et terminaux dont il aurait besoin pour satisfaire aux usages de ses clients grand public et entreprises. La bande 1 400 MHz, de par son mode de duplexage (SDL) et de par ses caractéristiques intrinsèques, est incontournable pour un opérateur et n'est pas substituable par une autre bande. L'ARCEP devrait donc, lorsqu'elle organise l'attribution d'une nouvelle bande de fréquences, s'assurer que tous les opérateurs qui souhaiteraient y avoir accès le puissent, en évitant de fixer des modalités qui viendraient limiter le nombre de titulaires possibles d'autorisation dans la bande, même sur une partie limitée du territoire. La quantité de fréquences attribuables dans la bande 1 400 MHz (70 MHz à 85 MHz en fonction des conditions techniques permettant la cohabitation avec les terminaux MSS) est suffisante pour permettre à chaque opérateur d'obtenir une quantité de fréquences à même de lui permettre de contribuer à l'augmentation de la capacité de son réseau mobile.

L'extinction d'une technologie est peu déterminée par la disponibilité ou non de la bande 1 400 MHz

Les prochaines technologies dont l'extinction pourrait être envisagée sont les technologies 2G et 3G. Or la bande 1 400 MHz ne permettra pas de mettre en œuvre ces technologies. Elle ne permettra donc pas de se substituer à la bande 900 MHz en reprenant les services qu'elle porte (M2M, voix, e-call). Le cœur de la bande 1 400 MHz pourrait apporter de la capacité 4G et pourrait donc à ce titre favoriser la migration vers la 5G de la bande 700 MHz ou de la bande 800 MHz sans qu'il y ait une dégradation de la qualité de service 4G.



Question 53. Le fait que cette bande nécessite d'être appairée afin d'être utilisée favorise-t-il la mise en veille ou l'extinction de ses émetteurs ?

La bande 1 400 MHz ne peut fonctionner sans l'utilisation d'une autre bande de fréquences (idéalement plus basses) ayant une partie Uplink. Elle n'est utile que quand les besoins en capacité des utilisateurs connectés à une cellule dépassent sa capacité sans la bande 1 400 MHz. Elle est ainsi tout à fait adaptée pour la mise en œuvre de mécanismes d'économie d'énergie (veille ou extinction d'émetteurs), au même titre que toute autre bande non essentielle au maintien de la couverture.


Une obligation de disponibilité 24h/24 de la bande 1 400 MHz serait ainsi inutile pour les clients et obérerait la capacité des opérateurs à réaliser des économies d'énergie en mettant en œuvre ces mécanismes. Ces mécanismes sont suffisamment flexibles et peuvent être configurés pour permettre l'allumage d'une bande de fréquences lorsqu'il y a des besoins capacitifs.


Dans la pratique, il est essentiel de maintenir active une bande de fréquences permettant la couverture et d'activer les autres bandes de fréquences en fonction des besoins.

Question 54. Estimez-vous pertinent d'attribuer simultanément l'intégralité des fréquences de la bande 1,4 GHz ? Quand souhaiteriez-vous disposer des fréquences de cette bande ?

Question 55. En tant qu'opérateur, quelle quantité de fréquences de la bande 1,4 GHz souhaiteriez-vous être autorisés à utiliser ? Avez-vous une préférence sur le positionnement de ces fréquences au sein de cette bande ?



Comme exposé en réponse aux questions 40 et 41, les conditions techniques d'utilisation de la bande 1 492 – 1 517 MHz pour protéger le MSS au-dessus de 1 518 MHz nécessitent d'être clarifiées avant d'envisager l'attribution de cette bande. Si les conditions techniques retenues permettent de raisonnablement envisager l'exploitation de cette bande, nous considérons que son attribution, ainsi que celle de l'autre extension 1 432 – 1452 MHz, devrait avoir lieu  afin de minimiser la durée pendant laquelle les lauréats subiraient les contraintes les plus importantes en attendant la mise à niveau des terminaux MSS.

La bande cœur quant à elle pourrait être attribuée avant.  L'ARCEP devrait prévoir une réorganisation de la bande à l'issue de l'attribution des extensions afin de permettre aux opérateurs de disposer d'un bloc de fréquences contiguës.



L'ARCEP et les pouvoirs publics devraient minimiser les contraintes autour des ports et aéroports afin de permettre l'attribution de 80 ou 85 MHz

Des blocs de fréquences de moins de 20 MHz, à moyen terme, présentent un intérêt limité. En effet, le déploiement d'une nouvelle bande de fréquences doit être associé à un gain important en capacité pour qu'il soit rentable. Il est donc essentiel que la bande 1 492 – 1 512 MHz voire la bande 1 492 – 1 517 MHz puisse être pleinement exploitable dans des conditions comparables aux autres blocs de fréquences de la bande 1 400 MHz. Pour ce faire, il est nécessaire que l'ARCEP et les pouvoirs publics (1) limitent le nombre de ports et aéroports autour desquels des contraintes sur les déploiements mobiles en bande 1 400 MHz seront imposées (2) retiennent une limite de niveau de champ au niveau des ports et aéroports qui soit proportionnée en évitant de prendre pour référence les terminaux MSS les moins performants (3) fixent une date limite ambitieuse de remplacement des terminaux MSS par des terminaux ayant une meilleure sélectivité.

Question 56. Quels sont d'après vous les avantages et inconvénients de ces deux options ? Avez-vous une préférence pour l'une d'entre elles ? Pour quelles raisons ? En voyez-vous d'autres ? Concernant la première option, quelle serait la taille pertinente des blocs à attribuer ? Dans le cas de la seconde option, quelles seraient, d'après vous, les obligations qu'il serait nécessaire d'introduire, notamment en matière d'accueil des autres opérateurs ?





Dans le cadre de cette option, nous recommandons de prévoir une répartition équilibrée des fréquences en quatre blocs de tailles identiques, attribuées aux quatre opérateurs mobiles en échange d'un nouveau programme de déploiement au service des territoires, à définir et dimensionner en cohérence avec la valeur des fréquences.



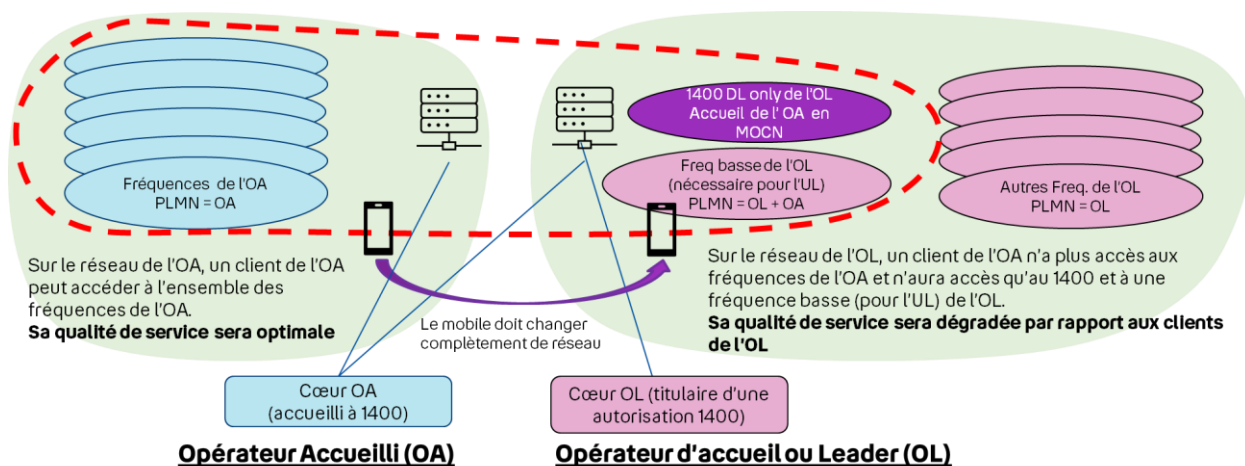
Limitier l'attribution de la bande 1 400 MHz à un ou deux opérateurs, même sur une partie restreinte du territoire, viendrait perturber l'équilibre actuel des portefeuilles fréquences des opérateurs alors même que l'ARCEP a œuvré pour qu'il en soit ainsi.



L'ARCEP  associe à cette seconde option des remèdes : obligations d'accueil / de mutualisation ou itinérance. Cependant, ces remèdes sont inopérants pour la bande 1 400 MHz (Supplemental Downlink – SDL) tout comme ils le seraient pour toute autre bande de fréquences pour laquelle l'ARCEP proposerait un tel schéma d'attribution. En effet, ces solutions techniques ne peuvent être mises en œuvre isolément sur une seule bande de fréquences (ex. la bande 1 400 MHz) mais doivent au contraire concerner toutes les bandes de fréquences déployées par l'opérateur détenant des fréquences dans la bande 1 400 MHz ce qui bouleverserait la structuration actuelle du marché mobile. Dans le cas contraire (mutualisation ou itinérance sur la seule bande 1 400 MHz et sur une seule bande Uplink), l'opérateur ne possédant pas de fréquences dans la bande 1 400 MHz ne serait pas compétitif puisque ses clients n'auraient accès qu'aux deux bandes de fréquences mutualisées ou ouverte à l'itinérance sans possibilité d'utiliser en complément les autres bandes de fréquences de son opérateur. Cette solution ne serait ainsi envisageable que pour les sites où il y a déjà du RAN sharing à quatre opérateurs (sites réglementaires).

Pour le cas particulier de l'itinérance, il se poserait de plus des problèmes rédhibitoires de gestion de la mobilité des utilisateurs entre une zone où ils sont en itinérance sur un réseau tiers et une zone où ils sont sur le réseau de leur opérateur. Il n'est en effet pas possible de maintenir une communication active lors d'un tel changement de réseau. De plus, l'itinérance devrait être étendue à la 3G pour assurer la reprise du trafic voix (CS Fallback). .

Ces problématiques liées au partage de la bande 1 400 MHz (RAN sharing ou itinérance) sont illustrées ci-dessous.



Considérant qu'aucun mécanisme ne permettrait de rétablir l'équité concurrentielle si la bande 1 400 MHz venait à être attribuée à seulement un ou deux opérateurs et considérant par ailleurs que l'enjeu ne doit pas être d'augmenter les débits pics, notamment dans les zones moins densément peuplées, nous sommes opposés à cette option 2.

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

Question 57. Quels sont les cas d'usages que vous attendez avec cette bande de fréquences ? Identifiez-vous des freins à leur déploiement ?

Bande intéressante à moyen terme pour les opérateurs mobiles pour des besoins spécifiques très localisés

Les patrimoines de fréquences actuels des opérateurs peuvent être insuffisants (même complétés par les bandes 1 400 MHz et 3,5 GHz) pour adresser des besoins très localisés et spécifiques avec des usages nécessitant des performances caractéristiques (latence-débits-capacité). En dehors de cet usage, nous considérons que les perspectives de déploiement dans cette bande sur des sites macros sont très limitées tant les caractéristiques de propagation sont éloignées de celles des bandes actuellement déployées sur ces sites. Enfin, le marché FWA, notamment dans la bande 26 GHz, est très peu prometteur en France notamment du fait des déploiements FTTH et des prix de connexion trop concurrentiels.

Nous notons que l'écosystème des terminaux est aujourd'hui limité et qu'il risque de ne réellement se développer que quand les opérateurs mobiles investiront dans cette bande.

Nous considérons que l'ARCEP doit préserver l'avenir de cette bande. En effet, bien qu'à court terme l'intérêt est limité pour les réseaux mobiles, il est raisonnable d'imaginer que cette bande aura sa place à plus long terme dans les portefeuilles de fréquences des opérateurs mobiles pour leur permettre de plus facilement faire face aux augmentations de trafic. Si l'ARCEP venait à ouvrir l'attribution d'une partie de cette bande à court terme alors les modalités d'attribution de la bande 26 GHz devraient permettre d'assurer une utilisation effective des fréquences et ainsi éviter une thésaurisation.

Question 58. Quelle largeur de bande minimum vous semble pertinente pour exploiter un réseau mobile et fournir les usages que permet cette bande de fréquences ?

La bande 26GHz présente une efficacité spectrale inférieure à celle de la bande 3,5 GHz. Il est donc nécessaire de disposer d'une bande de fréquences plus large à 26 GHz qu'à 3,5 GHz afin d'obtenir des débits supérieurs. Il est également nécessaire de prendre en compte que la recherche d'une faible latence se fera au prix d'une baisse de l'efficacité spectrale (puisque une latence plus faible suppose une alternance plus fréquente de slots réservés aux émissions des terminaux et des slots réservés aux émissions des stations de base).

Nous estimons que pour les premières attributions à court et moyen termes, une quantité de fréquences de 200 MHz pourrait répondre aux besoins tout en permettant à plusieurs acteurs d'accéder à la bande dans un même lieu, y compris si l'attribution était initialement limitée à la bande 26,5 - 27,5 GHz (correspondant à la seule bande disponible vu l'usage de la bande 24,25 - 26,5 GHz par les FH).

Question 59. Cette bande de fréquences peut-elle être déployée dans un réseau sans que d'autres bandes de fréquences plus basses (bandes d'ancrage) soient utilisées par ce même réseau ? Si non, pourquoi et quelles autres bandes de fréquences seraient nécessaires, en 5G NSA et 5G SA ?

Il est nécessaire de coupler la bande 26 GHz avec une autre bande de fréquences

Nous avons mené des expérimentations dans cette bande de fréquences à l'intérieur d'un bâtiment et en extérieur. Dans les deux cas, il est apparu que cette fréquence ne pouvait être

utilisée opérationnellement en mobilité sans être couplée à une fréquence plus basse pour assurer la continuité de la connexion. En effet, les conditions de propagation dans la bande 26 GHz sont telles qu'elles fluctuent largement lorsque le terminal se déplace ou lorsque l'environnement change. Ces fluctuations dégradent significativement la qualité de la connexion et peuvent aller jusqu'à couper la liaison radio. Il est donc nécessaire de disposer d'une autre bande de fréquences active pour suppléer la bande 26 GHz dans de telles situations.

Question 60. A quel horizon souhaitez-vous voir l'attribution de cette bande de fréquences ? A court/moyen terme, l'attribution de la sous-bande comprise entre 26,5 et 27,5 GHz vous semble-t-elle suffisante pour assurer les cas d'usages que vous avez identifiés ?

Question 61. Partagez-vous le constat lié aux difficultés de cohabitation entre les services mobiles et les faisceaux hertziens présents dans la sous-bande comprise entre 24,25 et 26,5 GHz ?

Question 62. Que pensez-vous du calendrier actuel de libération des faisceaux hertziens occupant actuellement la bande décrit ci-dessus ? Quel serait un délai raisonnable pour faire migrer les faisceaux hertziens de la bande ? Estimez-vous l'échéance de libération pertinente, et si non, quelles échéances vous paraîtraient souhaitables ? Pensez-vous que des conditions spécifiques à cette bande de fréquences doivent être envisagées pour cette libération ?

La bande 26 GHz est une bande importante pour les faisceaux hertziens

Bouygues Telecom utilise largement la bande 26 GHz pour le raccordement de ses sites radio. Bien que nous ayons depuis 2018 cessé de déployer de nouveaux FH dans cette bande, il nous reste aujourd'hui un parc de [X]. La migration anticipée vers une autre bande de fréquences conduirait donc à des coûts et à des destructions d'équipements sans pour autant avoir un quelconque bénéfice pour le réseau de transport. De plus, il y aurait dans certains cas des difficultés à trouver une bande de repli tant les deux bandes aux caractéristiques techniques les plus comparables (18 GHz et 32 GHz) sont occupées par d'autres liaisons FH.

Nous estimons ainsi qu'environ [X] seraient encore présents dans la bande 26 GHz au-delà du 31 décembre 2024, échéance actuelle fixée par l'ARCEP pour les autorisations FH qui viendraient à être délivrées.

Le maintien de FH dans la bande 26 GHz nous semble compatible avec le début de l'introduction de la 5G dans cette bande

Nous considérons qu'il serait inutile de viser la libération de la bande 26 GHz dans les prochaines années puisque, d'une part les déploiements 5G dans cette bande seront très progressifs et très localisés, et d'autre part un partage géographique semble possible entre les FH et la 5G.

Les résultats des études présentés dans le rapport ECC 303 « Guidance to administrations for Coexistence between 5G and Fixed Links in the 26 GHz band ("Toolbox") » mettent en évidence que ce partage géographique est envisageable notamment du fait des distances de séparation entre une antenne 5G et une antenne FH réduites à quelques kilomètres lorsque l'antenne 5G n'est pas dans l'axe du FH. Lorsque l'antenne 5G est dans l'axe du FH et en co-canal avec le FH, cette distance peut passer à une quarantaine de kilomètres.

Question 63. Quels scénarios de cohabitation entre le service fixe par satellite et le service mobile seraient envisageables ?

La coexistence entre service fixe par satellite et service mobile dans cette bande est possible

En amont de la définition des conditions techniques au niveau européen dans cette bande, le RSPG avait mis en avant les caractéristiques de cette bande propres à favoriser le partage entre service fixe par satellite et service mobile : les caractéristiques de propagation, les déploiements du service mobile attendus sous forme de petites cellules, les capacités de beamforming accrues vu la hauteur des fréquences et la taille des éléments rayonnants, les déploiements du service mobile plutôt dans des zones denses et le nombre de stations terriennes FSS et EESS a priori limité dans cette bande.

L'ARCEP devra veiller à ce que les contraintes de protection des services satellites concernant les attributaires de fréquences pour le service mobile de manière équitable (bien que le FSS ne soit autorisé que dans 600 MHz de la bande), en particulier si de nouvelles stations terriennes du FSS ou de l'EESS venaient à être autorisées après les premiers déploiements 5G. Il est essentiel pour les futurs titulaires d'autorisations dans la bande 26 GHz d'avoir une confiance suffisante dans la pérennité de leur accès aux fréquences et donc de leurs investissements. Aussi les dispositions de la décision 2019/784/EU visant à ne pas autoriser de nouvelles stations FSS à proximité des zones urbaines devront être appliquées.

Les conditions de coexistence entre les deux services ont été largement étudiées à la CEPT et devront être poursuivies au niveau national

La Recommandation ECC (20)01 prévoit que des distances de séparation seront nécessaires et que des zones de coordination autour des stations FSS terriennes pourraient être requises pour gérer la coexistence dans la bande 24,65 – 25,25 GHz. Ces zones, qui pourraient mesurer d'une centaine de mètres à une dizaine de kilomètres, seront à définir au niveau national. La protection de la réception des satellites est quant à elle assurée par la restriction de tilt (mécanique et électrique) sous l'horizon pour les stations de base outdoor du service mobile.

La décision 2019/784/EU, basée sur le rapport CEPT 68, ne prévoit pas de limitation de la puissance in-band à 26 GHz

Nous notons que les travaux en cours dans le cadre de la CMR 2023 sur l'article 21.5 du RR pourraient conduire à la définition d'une limite de puissance in-band. Cette limite de puissance in-band pourrait de fait limiter l'exploitabilité de la bande 26 GHz et son intérêt pour des déploiements du service mobile.

Question 64. Quelles modalités géographiques d'attribution de la bande 26 GHz vous semblent pertinentes ? Pourquoi ? Dans les différents cas, quelles devraient être les largeurs de bandes attribuées ?

Nous n'identifions pas à court terme de besoin d'attribuer cette bande de fréquences

Cependant, si l'ARCEP estimait nécessaire d'attribuer cette bande prochainement, nous recommandons de limiter cette attribution à la bande 26,5 - 27,5 GHz qui n'est pas utilisée. Cette bande pourrait être ouverte pour une attribution au fil de l'eau, à tous types d'acteurs (notamment les opérateurs mobiles) qui pourraient justifier d'un besoin réel de fréquences dans cette bande. Ceci permettrait de maintenir aisément les FH dans la bande 26 GHz et de tester l'appétence pour cette bande tout en laissant 2 GHz vierges de tout usage 5G et ainsi disponibles pour une autre procédure d'attribution lorsque les besoins pour les réseaux mobiles se matérialiseront. Cette seconde phase d'attribution pourrait quant à elle permettre de délivrer des

autorisations nationales si des besoins en ce sens sont exprimés d'ici là, sans pour autant viser une couverture large du territoire au moyen de cette bande. Il est possible que l'écosystème des terminaux ne se développe qu'au moment où les opérateurs commenceront à déployer dans cette bande. Sans ce signal, il est possible que les fabricants de terminaux ne réalisent pas les tests et les validations nécessaires à l'activation de cette bande de fréquences.

L'avis de l'ANSES est un préalable indispensable à l'attribution de cette bande de fréquences

Ces fréquences sont très différentes des fréquences actuellement utilisées par les opérateurs mobiles. Il est ainsi nécessaire que les candidats à l'attribution de cette bande connaissent pleinement les conditions dans lesquelles ils pourront utiliser les fréquences, notamment au regard des questions d'exposition du public aux ondes électromagnétiques. Il est également nécessaire d'informer le grand public des spécificités de cette bande en matière d'exposition afin de favoriser l'acceptabilité des déploiements dans cette bande.

Cette bande ne nous paraît pas adaptée pour une attribution à un opérateur neutre qui accueillerait en itinérance les opérateurs mobiles

Le scénario d'une attribution de fréquences à un ou deux acteurs avec obligation d'accueil en itinérance des autres, qui a déjà été tenté par le passé (bande 800 MHz), ne fonctionne pas mieux (régressions et discriminations) et doit être évité.



4.2.3 La bande 3410 – 3 490 MHz (bas de la bande 3,5 GHz)

Question 65. Compte tenu des éléments ci-dessus, quel calendrier d'attribution vous paraît le plus pertinent ?

Une attribution possible à partir de 2024 avec des paiements échelonnés à partir de la date de disponibilité des fréquences

L'attribution de la bande 3,5 GHz a été limitée en 2020 à la sous-bande 3 490 - 3 800 MHz afin de préserver le bas de la bande pour des réseaux THD Radio / BLR. Les autorisations délivrées prévoient des obligations de déploiement afin que les opérateurs mobiles proposent un accès fixe à très haut débit radio (ou dispose d'une offre de gros à très haut débit fixe) sur les zones qu'identifiera l'ARCEP à partir de juillet 2023.

Il apparaît ainsi que le maintien de réseau THD Radio dans cette bande au-delà de 2026 conduirait à une utilisation non optimale de fréquences pourtant précieuses pour les réseaux mobiles. Nous recommandons donc l'attribution du reliquat de la bande 3,5 GHz, à l'échelle nationale, pour les opérateurs mobiles qui seront en mesure d'exploiter ces fréquences en complément de celles dont ils disposent déjà dans la bande 3 490 – 3 800 MHz. Nous recommandons également que la bande soit réorganisée à l'occasion de cette attribution pour que les opérateurs disposent de blocs contigus (plutôt que de deux blocs disjoints) en étendant leur bloc actuel.

L'exploitation efficace de ce reliquat de la bande 3,5 GHz requerra des antennes compatibles avec le bloc de fréquences post attribution ce qui nécessite de pouvoir être anticipé. Nous recommandons ainsi que les fréquences soit attribuées dès 2024 ou qu'à minima le schéma d'attribution (attributions nationales aux opérateurs mobiles, capping, et principe de

réorganisation de la bande en bloc contigus) soit acté à cette date. Les opérateurs auraient ainsi deux ans pour mettre à jour leur parc d'antennes déployées pour s'assurer qu'elles puissent utiliser le bloc de fréquences cible dès que les autorisations actuelles dans la bande 3 410 – 3 490 MHz arriveront à échéance (juillet 2026).

Question 66. Quelle bande de garde sera nécessaire pour que les équipements 5G soient en mesure de respecter le niveau de puissance défini par la CEPT tout en assurant la coexistence avec les radars du ministère des armées utilisant les fréquences sous 3,4 GHz ? À quel horizon voyez-vous la possibilité d'utiliser une bande de garde plus faible ?

Seule la bande 3 420 – 3 490 MHz serait exploitable

A l'occasion de l'attribution de la bande 3 490 – 3 800 MHz, l'ARCEP a retenu le niveau d'émissions hors-bande sous 3 400 MHz le plus contraignant de la décision 2019/235/EU (« cas A »). Ainsi la contrainte pour les antennes passives est de -59dBm/MHz par antenne et, pour les antennes actives, de -52dBm/MHz par cellule. Les déploiements mobiles se faisant au moyen d'antennes actives (hors indoor), c'est donc ce second niveau que les opérateurs sont tenus de respecter.

Les équipements actuels et à venir ne seront vraisemblablement pas compatibles avec un tel niveau d'émissions hors-bande sans un filtrage supplémentaire spécifique s'ils utilisent la bande 3 400 – 3 420 MHz. Cette solution de filtrage supplémentaire serait coûteuse et devrait être mise en œuvre sur l'ensemble du territoire par l'opérateur titulaire de l'autorisation d'utilisation de ce bloc. Nous considérons que ce surcôt serait prohibitif et dissuaderait les opérateurs mobiles d'utiliser le bloc 3 400 – 3 420 MHz sur les sites macro de leur réseau mobile.

Nous recommandons donc de limiter l'attribution du reliquat de la bande 3,5 GHz à la sous-bande 3 420 – 3 490 MHz compte tenu des perspectives d'utilisation extrêmement limitées, même en indoor, du bloc 3 400 – 3 420 MHz.

Question 67. Concernant la première option, quel(s) usage(s) justifierai(en)t l'utilisation d'une quantité de fréquences supérieure à 100 MHz dans la bande 3,4 - 3,8 GHz ? Les équipements actuels permettent-ils l'utilisation de blocs de fréquences non contiguës dans cette bande ? Si ce n'est pas le cas, à quelle échéance serait-ce possible ? Un réaménagement de la bande serait-il nécessaire ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Un réaménagement de la bande sera nécessaire pour permettre aux opérateurs de disposer de blocs de fréquences contiguës. Une quantité de spectre de plus de 100 MHz est sous optimale.

Un spectre non contigu ou un bloc de plus de 100 MHz ne nous semblent pas pertinents, car dans l'un ou l'autre cas, la solution technique serait de séparer les ressources allouées via deux cellules distinctes qui pourraient, le cas échéant, être agrégées.

Si l'agrégation de porteuses en intrabande est techniquement envisageable, cette solution est opérationnellement peu pertinente et conduira à une sous-utilisation de ce spectre : elle ne sera bénéfique que pour un nombre restreint de clients. En effet, seuls les clients disposant de terminaux compatibles et se trouvant dans une zone où l'opérateur aura déployé une seconde cellule dans cette bande pourront bénéficier des deux porteuses déployées. Les autres clients n'auront accès qu'à la porteuse dans le bloc de fréquences le plus large, l'autre bloc restant ainsi inutilisé.

Une allocation capée à 100 MHz avec un réaménagement du spectre pour maintenir des blocs contigus par opérateur nous semble être la solution technique la plus pertinente, car la plus efficace pour les clients finaux. Un remplacement des premières antennes déployées pourrait être à prévoir pour couvrir le nouveau bloc de fréquences. Le nouveau bloc de fréquences sera ensuite accessible nationalement via une mise à jour fonctionnelle du réseau.

Question 68. Concernant la deuxième option, quelle serait la granularité minimale de fréquences à attribuer par titulaire ? Quelles modalités de coexistence entre les différents titulaires d'autorisation de fréquences dans la bande 3,4 - 3,8 GHz faudrait-il mettre en place ?

Des attributions sur un périmètre géographique local et limitées à des projets spécifiques circonscrits conduiraient à une utilisation non efficace du spectre

La quantité de fréquences disponible pour des usages locaux dans des bandes intermédiaires est déjà très élevée et le serait plus encore si la bande 3,8 - 4,2 GHz venait à être réservée pour ces usages. Les usages locaux ayant besoin de la bande 3 420 – 3 490 MHz nous paraissent limités d'autant plus qu'il convient de ne prendre en compte que les usages locaux qui pourraient se satisfaire du ratio Uplink-Downlink (i.e. avec une faible part d'Uplink) actuellement mis en œuvre par les opérateurs mobiles dans les bandes 3 490 - 3 800 MHz. En effet, comme l'a démontré le Comité d'experts Mobile de l'ARCEP et comme mentionné dans la décision n° 2019-0862 de l'ARCEP, tous les réseaux de la bande 3,4 - 3,8 GHz doivent être synchronisés pour ne pas générer d'interférences mutuelles. Bouygues Telecom n'est pas favorable à un changement de trame ni vers la trame utilisée par plusieurs des pays frontaliers à la France ni vers une trame allouant plus de temps à l'Uplink. La trame actuelle répond adéquatement aux besoins de débits descendants et de couverture. Tout changement de trame serait très lourd opérationnellement à mettre en œuvre (toutes les stations de base de tous les opérateurs devraient basculer en même temps sur la nouvelle trame).

La bande 3 420 – 3 490 MHz pourrait plus efficacement être utilisée par les opérateurs mobiles puisqu'elle leur permettrait d'augmenter la largeur de bande ouverte au public et ainsi améliorer la qualité de service tout en ayant plus de flexibilité pour accueillir de nouveaux usages, notamment au moyen des fonctionnalités offertes par la 5G.

Question 69. Quelle option, parmi celles présentées ci-dessus, estimez-vous la plus pertinente ? Pour quelles raisons ?

La seule option envisageable est l'option 1

Pour les raisons exposées en réponse à la question 68, nous considérons que la seule option permettant une utilisation efficace du spectre est celle correspondant à une attribution à l'échelle du territoire métropolitain de la bande 3 420 – 3 490 MHz. Les modalités d'attribution recommandées ont quant à elles été présentées en réponse à la question 67 : une limitation à 100 MHz de la quantité maximale utilisable par opérateur dans la bande 3 400 – 3 800 MHz ; une attribution à partir de 2024 avec un paiement échelonné à partir de juillet 2026 ; une réorganisation de la bande pour permettre à chaque opérateur d'étendre son bloc de fréquences actuel de la quantité de fréquences obtenue à l'issue de l'attribution à venir.

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

Question 70. Souhaiteriez-vous obtenir des fréquences dans les sous-bandes 1920 - 1920,5 MHz et 1979,7 - 1980 MHz ? Si oui, quelle quantité ? Quelle technologie utiliseriez-vous avec ces fréquences ? Un réaménagement de la bande serait-il nécessaire ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Les bandes de gardes doivent être attribuées aux opérateurs mobiles pour leur permettre de disposer de blocs de 15 MHz

Si l'utilisation de blocs de 14,8 MHz ne nuit aujourd'hui pas à la coexistence entre opérateurs, nous considérons qu'il serait judicieux d'allouer à chaque opérateur une quantité de fréquences de 15 MHz afin de s'aligner sur les largeurs de canalisation définies dans les normes. Cette suppression des bandes de garde et le passage à des blocs de 15 MHz est prévue par la décision 2020/667/EU. En particulier, nous n'avons pas identifié de problème de coexistence avec les services en bandes adjacentes qui surviendrait à l'occasion de la suppression de ces bandes de garde.

Nous considérons cependant qu'il n'y a pas d'urgence à réaliser le passage de blocs de 14,8 MHz à des blocs de 15 MHz. Cette opération nécessiterait en effet un déplacement de la porteuse pour certains opérateurs : SFR devrait décaler sa porteuse de 400 kHz vers le bas de la bande, Bouygues Telecom de 200 kHz vers le bas de la bande et Orange de 200 kHz vers le haut de la bande. Seul Free Mobile ne serait pas contraint de déplacer sa porteuse.

Ces opérations sont opérationnellement lourdes puisqu'un opérateur doit s'assurer que tous ses sites s'alignent en même temps sur la nouvelle porteuse sans quoi les cellules qui n'auraient pas basculé génèreraient des interférences sur les cellules ayant basculé (et réciproquement). Nous considérons donc qu'il est opportun de prévoir ces opérations dans quelques années, lorsque la 3G ne sera plus utilisée dans cette bande.

Enfin, ces opérations de réaménagement doivent être coordonnées entre opérateurs. SFR doit avoir achevé ses opérations de réaménagement (décalage de sa porteuse de 400 kHz vers le bas et passage sur 15 MHz) avant que Bouygues Telecom ne puisse réaliser cette même opération. Free Mobile doit attendre qu'Orange et Bouygues Telecom aient réalisé leurs opérations de réaménagement avant de pouvoir augmenter la taille de son bloc.

La décision 2020/667/EU ne permet pas d'autre schéma d'attribution que l'extension des actuels blocs de 14,8 MHz

La décision 2020/667/EU permet aux Etats-Membres d'attribuer des blocs ayant uniquement une taille comprise entre 4,8 et 5 MHz (numéro 2 du paragraphe « B. Paramètres Généraux » de l'annexe). Elle ne permet donc pas d'attribuer des blocs de 500 kHz ou moins quand bien même un acteur, autre qu'un opérateur souhaitant transformer son bloc de 14,8 MHz en un bloc de 15 MHz, souhaiterait disposer de fréquences dans cette bande.

4.2.5 La bande 2,1 GHz TDD

Question 71. Souhaiteriez-vous obtenir des fréquences dans cette bande de fréquences ? Quelle quantité ? Quelle technologie utiliseriez-vous avec ces fréquences ?

Cette bande présente un intérêt limité pour les opérateurs mobiles du fait des restrictions de puissance et de la faible quantité de fréquences (10 MHz si on considère que le bas de la bande sera dédié au FRMCS).

4.2.6 La bande 3,8 - 4,2 GHz

Question 72. Quels sont, selon vous, les cas d'usages attendus avec cette bande de fréquences ? Envisagez-vous de répondre au guichet d'expérimentation ?

Question 73. Voyez-vous un intérêt à utiliser cette bande pour de la 5G ou une autre technologie mobile ? À quel horizon ? Avec quelle quantité et quel périmètre géographique ? Pour fournir quels services ?

Question 74. Quelles conditions de cohabitation avec les autres services déjà présents dans la bande imaginez-vous ?

Question 75. Une fois la bande normalisée, souhaiteriez-vous la voir attribuée en France ? Si oui, selon quelles modalités ?

Question 76. Pensez-vous nécessaire d'imposer une trame de synchronisation dans cette bande ? Si non, quel autre mode de coordination estimez-vous pertinent ?

L'ouverture du guichet 3,8 – 4 GHz est source d'incertitudes pour les acteurs industriels comme pour les opérateurs

En mars 2022, alors même que les conditions techniques associées à l'utilisation de la bande 3,8 – 4,2 GHz n'avaient pas encore été définies (et quelles ne le seront pas avant au moins un an), l'ARCEP a ouvert l'attribution de cette bande au fil de l'eau pour des expérimentations. L'ouverture de ce guichet est source de questionnement pour les acteurs industriels. Ils risquent ainsi de retarder leurs investissements dans l'attente d'une clarification des perspectives de disponibilité de bande de fréquences.

Nous demandons que ce guichet reste expérimental puisque toute attribution de cette bande qui en permettrait un usage commercial par des Verticaux remettrait en cause les modèles économiques envisagés par les opérateurs mobiles lors de leur participation aux enchères pour l'attribution de la bande 3 490 – 3 800 MHz. En effet, les opérateurs ont valorisé une utilisation de la bande 3 400 – 3 800 MHz pour fournir des services à des Verticaux ; cette valorisation deviendrait caduque.

S'agissant des conditions techniques, nous identifions des risques de coexistence avec les réseaux mobiles sous 3 800 MHz dans l'éventualité où les trames TDD ne seraient pas identiques entre les deux bandes. L'alternative à une trame commune nécessiterait d'avoir une bande de garde d'au moins 60 MHz. Cependant une telle solution nécessiterait d'avoir des équipements spécifiques en termes de filtres. Il nous semble ainsi à ce stade nécessaire de privilégier dans la bande 3,8 – 4,2

GHz l'utilisation de la trame imposée dans la bande 3 490 – 3 800 MHz et de ne pas avoir à recourir à une bande de garde. En tout état de cause, il est nécessaire d'attendre la conclusion des études techniques menées à la CEPT pour apprécier l'exploitabilité réelle de cette bande.

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

Question 77. Voyez-vous un intérêt à utiliser la bande 738 - 753 MHz en canalisation SDL pour de la 5G ou une autre technologie ? À quel horizon ? Quelle largeur de bande vous semble pertinente pour l'utilisation de cette bande ?

Cette bande présente peu d'intérêt pour les réseaux mobiles

L'agrégation de cette bande avec la bande 700 MHz FDD est exclue du fait de trop grandes contraintes techniques due à la proximité des deux bandes. L'intérêt de cette bande serait donc de l'agréger avec les bandes 800 MHz ou 900 MHz notamment, afin d'augmenter la capacité réseau dans le sens descendant.

Cependant, malgré la désignation de cette bande en canalisation SDL depuis plusieurs années en Europe nous constatons qu'elle a peu été attribuée et que l'écosystème ne se développe pas. Nous notons en particulier que cette bande n'est pas listée dans les fréquences d'opération pour les équipements 5G NR (cf. document 3GPP TS 38.104 V15.3.0 de 2018-09).

Si un autre usage devait être envisagé, il serait nécessaire de garantir la protection des réseaux 700 MHz FDD

Les études de coexistences montrent que la protection des récepteurs Uplink des stations de bases en bande 700 MHz FDD (dans la bande 703 – 733 MHz) nécessite un minimum de 50 dB d'isolation entre antennes en complément de la bande de garde de 5 MHz. Il conviendrait donc de définir des conditions d'utilisation de la bande 738 - 753 MHz permettant de garantir l'absence de contrainte et d'interférence pour les réseaux opérant en bande 700 MHz FDD.

4.2.8 La bande 66 -71 GHz

Question 78. Quels usages envisagez-vous dans cette bande, dans ce cadre d'autorisation générale ? L'introduction de la 5G vous semble-t-elle pertinente ? A quel horizon ?

Nous n'envisageons pas d'utiliser cette bande de fréquences pour notre réseau mobile.

Nous considérons que cette bande, avec un régime d'autorisation générale, pourrait permettre de répondre à des besoins très localisés avec des débits très élevés s'ils se matérialisaient.

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

4.3.1 La bande 42 GHz

Question 79. Quels seraient, selon vous, les usages mobiles possibles dans cette bande ? Quels sont les usages satellites prévisibles dans la bande ?

Question 80. Quelle est la prévision de disponibilité de matériel pour le service mobile dans la bande ?

Question 81. Quelles conditions techniques de coexistence pourraient être mises en œuvre dans cette bande ? Quel cadre d'utilisation pourrait être mis en œuvre (par exemple, des autorisations générales) ?

La bande 40,5 – 43,5 GHz pourrait, comme la bande 26 GHz, répondre à des besoins spécifiques à plus long terme

Au même titre que la bande 26 GHz, la bande 40,5 – 43,5 GHz est vue comme prioritaire pour les déploiements de la 5G au sein de l'Union Européenne. Ces deux bandes de fréquences pourraient être intéressantes à moyen/long terme pour compléter le patrimoine fréquentiel des opérateurs (bandes basses, intermédiaires et hautes). En effet, elles pourront permettre aux opérateurs de disposer de largeurs de bandes conséquentes, inenvisageables en-dessous de 10 GHz.

Si les conditions techniques pour la bande 42 GHz seront disponibles dès 2023 (avec la finalisation des travaux européens en réponse au mandat de la CE et des recommandations ECC associées), nous considérons qu'il serait très prématuré d'attribuer cette bande de fréquences notamment vu l'absence de besoins et cas d'usages clairement identifiés et l'absence d'équipements compatibles avec cette bande avant a minima 3 ans.

A de telles hauteurs de fréquences, les ondes se propagent mal et sont beaucoup plus sensibles aux obstacles ce qui représente un frein majeur pour envisager, sur la base des connaissances et perspectives actuelles, des cas d'usage grand public notamment depuis un réseau macro. Il pourrait cependant être envisagé des déploiements très localisés qui pourraient répondre à des besoins spécifiques, par exemple dans des zones de très fortes affluences où le trafic est très important, ou qui pourraient permettre de proposer des performances accrues en termes de débit/latence/capacité par rapport aux bandes inférieures à 10 GHz. En revanche, cette bande de fréquences ne peut raisonnablement pas être utilisée comme une bande de complément capacitif déployée sur des sites macro.

L'exploitabilité de la bande 42 GHz pourrait approcher celle de la bande 26 GHz. En effet, les moins bonnes qualités de propagation des ondes à 42 GHz pourraient être compensées par une plus grande capacité à concentrer le signal vers l'utilisateur du fait notamment de la diminution de la taille des antennes liée à la montée en fréquences. Cela permettrait de développer des systèmes antennaires composés de davantage d'éléments rayonnants. Ainsi, nous pourrions avoir une approche à peu près similaire quant aux opportunités offertes par ces deux bandes de fréquences sous réserve que l'exploitabilité de la bande 42 GHz ne pas soit grevée de contraintes trop fortes pour coexister avec les autres systèmes dans cette gamme de fréquences (service fixe par satellite et radioastronomie). La finalisation des recommandations ECC pour la coordination des

déploiements autour des stations terriennes devra déboucher sur des travaux nationaux pour permettre d'apprécier l'ampleur des contraintes de coexistence.

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

Question 82. Confirmez-vous la nécessité d'introduire la technologie LTE dans la bande 450 MHz ? Pour quels besoins ? Sur quelles empreintes géographiques ?

Question 83. A partir de quelles largeurs de bandes (1,4 MHz, 3 MHz ou 5 MHz) peut-on considérer la bande utilisable pour la technologie LTE ? Sous quel calendrier ?

Question 84. Dans quelle mesure les équipements à bande étroite utilisant actuellement la bande 450 MHz pourraient-ils cohabiter avec les équipements LTE ? Avec quelle bande de garde et quelles distances de protection ?

Question 85. Comment pensez-vous possible d'assurer la transition des équipements actuels vers la technologie LTE ? Vous semble-t-il indispensable de réaménager les systèmes actuels de la bande 450 MHz ? Si oui, dans quelle(s) bande(s) de fréquences ?

Question 86. Quelle est votre vision de la maturité de l'écosystème industriel en technologie LTE dans la bande 450 MHz ?

Question 87. D'autres usages que des réseaux s'appuyant sur la technologie LTE sont-ils envisageables ?

La bande 400 MHz doit être réaménagée pour permettre son utilisation par les systèmes large bande (au moins 1,4 MHz)

Si ces fréquences présentent a priori peu d'intérêt pour un usage en propre par un opérateur mobile, nous considérons qu'il est souhaitable que le cadre d'autorisation de cette bande puisse évoluer pour permettre d'utiliser des systèmes large bande. En effet, cette bande est précieuse du fait de ses caractéristiques de propagation et elle doit pouvoir accompagner l'évolution des besoins des réseaux PMR pour limiter le recours de ces réseaux à de nouvelles bandes de fréquences.

Nous notons en particulier que la bande 450 - 470 MHz peut être utilisée indifféremment pour des canalisations étroites ou larges, selon la décision ECC(04)06.

L'enjeu pour cette bande de fréquences est d'assurer le passage d'une utilisation intensive par des systèmes à bande étroite vers une utilisation par des systèmes large bande. Nous considérons que les services push-to-talk proposés par certains opérateurs sur leurs réseaux pourraient reprendre une partie des usages actuels de la bande 400 MHz et ainsi faciliter la libération des fréquences pour permettre le déploiement de systèmes large bande.

4.3 Des bandes prospectives, en cours de discussion mondialement

4.4.1 La bande 470 - 694 MHz

Question 88. Quelles sont vos prévisions de croissance du trafic mobile et de l'usage qui appuieraient un besoin en fréquences basses ? A quel horizon ? Quelle quantité de bande serait nécessaire ?

Question 89. Pourquoi les besoins auxquels pourraient répondre cette bande ne pourraient-ils pas l'être par d'autres moyens (par exemple, l'extinction des technologies 2G/3G dans la bande 900 MHz en vue d'une utilisation par les technologies 4G/5G, la mobilisation de bandes parmi celles décrites en partie 4.2 de la présente consultation, l'agrégation de porteuses des bandes déjà exploitées) ? Ces besoins appelleraient-ils un périmètre d'attribution national ou local ?

Question 90. Est-ce que certaines technologies mobiles pourraient répondre aux besoins de la diffusion audiovisuelle ? Quel est votre avis sur l'intérêt de la 5G *broadcast* sur cette bande ou sur d'autres bandes ?

Question 91. Sous quelles conditions estimez-vous qu'une cohabitation entre des services mobiles et la TNT serait possible ?

La bande 470 – 694 MHz devrait être identifiée IMT avec une attribution co-primaire pour le service mobile dès la CMR de 2023 pour laisser possible son ouverture au service mobile à partir de 2030

Dans le cadre de cadre des travaux pour la CMR 2023 (point d'agenda 1.5), la bande UHF fait actuellement l'objet d'un bilan des usages et des besoins. Les discussions pourraient aboutir à une évolution réglementaire dans cette bande et notamment à l'attribution co-primaire au service mobile sans présager de la date à laquelle des usages mobiles pourraient être autorisés dans tout ou partie de cette bande. En France, le service de radiodiffusion dispose de cette bande jusqu'en 2030 à minima.

Les bandes basses, du fait de leurs propriétés physiques (meilleures capacités de propagation, meilleure pénétration dans les bâtiments) permettent, indépendamment du refarming des bandes de fréquences actuellement attribuées aux opérateurs, d'accroître la qualité de service notamment dans les zones les moins denses où elles permettent d'accroître les débits tout en limitant le nombre de nouveaux sites mobiles requis. Dans les zones les plus denses, la bande 470 – 694 MHz ne pourra à elle seule répondre aux défis capacitaires si bien que l'ARCEP doit s'assurer que suffisamment de fréquences intermédiaires (notamment dans les bandes 1 400 MHz, 3 400 – 3 800 MHz et 6 GHz) sont mises à disposition des opérateurs mobiles.

Au-delà de la CMR de 2023 et d'ici 2030, des réflexions devront être engagées sur l'évolution des attributions dans la bande 470 - 694 MHz

Une cohabitation en co-canal entre la TNT et les services mobiles est inenvisageable compte tenu des distances de protection. Il sera donc crucial que, comme pour la bande 700 MHz, il y ait une approche coordonnée en Europe pour éviter que l'utilisation de tout ou partie de la bande 470-694 MHz par les services mobiles en France ne soit contrainte du fait de libérations beaucoup plus tardives de la bande dans les pays frontaliers.

Il sera indispensable de ne pas imposer aux opérateurs les mêmes contraintes pour la cohabitation avec la TNT en bande adjacente que celles définies lors des deux premiers dividendes numériques. En effet, 10 ans après le début des déploiements mobiles dans la bande 800 MHz et 6 ans après ceux dans la bande 700 MHz, les opérateurs doivent remédier aux brouillages qu'ils provoquent sur la réception de la TNT sans qu'un cadre clair et une date d'échéance n'aient été définis. Les opérateurs se retrouvent prisonniers d'une procédure très coûteuse, sans fin, de plus en plus inadaptée et surdimensionnée à mesure que les années passent, que les usages audiovisuels évoluent et que les cas effectifs de brouillages des services mobiles sur la réception de la TNT se raréfient. Les éventuelles contraintes qui pourraient être fixées aux opérateurs dans le cadre de futures attributions dans la bande 470 - 694 MHz devront, le cas échéant, être mieux cadrées et plus équitables pour les opérateurs.

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

Question 92. Comment appréciez-vous les perspectives de développement de ces usages (Wifi, IMT²) ? Identifiez-vous d'autres usages appelés à se développer dans cette bande ?

Question 93. Quelles modalités de cohabitation avec les usages existants (faisceaux hertziens, services satellitaires) dans cette bande seraient nécessaires ?

Question 94. Pensez-vous que la bande soit appropriée pour mettre en place un partage dynamique du spectre afin de concilier les usages envisagés ?

La bande 6 425 – 7 125 MHz devra être identifiée pour le service mobile à la CMR de 2023 afin de répondre aux besoins croissants des réseaux mobiles

Dans le cadre du point d'agenda 1.2, la CMR 2023 doit étudier la possibilité d'identifier, entre autres, la bande de fréquences 6 425 – 7 125 MHz pour des services mobiles en Région 1.

Cette bande de fréquences fait partie des bandes dites « intermédiaires » qui ont l'avantage d'offrir un compromis intéressant entre capacité et couverture, avec des largeurs de bandes supérieures à celles attribuées pour les services mobiles plus bas dans le spectre. Il est probable que ces bandes intermédiaires deviennent centrales dans les déploiements de la 5G d'ici à 2030. En effet, si les bandes inférieures à 5 GHz offrent de bonnes/très bonnes couvertures, elles sont beaucoup plus limitées en termes de performances. Les bandes supérieures à 10 GHz (notamment les bandes 26 GHz ou 40 GHz) offrent des quantités de spectre très supérieures à ce que possèdent actuellement les opérateurs mais les très mauvaises qualités de propagation de ces fréquences ne permettent d'envisager que des usages spécifiques et localisés.

Une étude réalisée pour le compte de la GSMA³ conclut que 2 GHz de bandes intermédiaires supplémentaires seront nécessaires aux opérateurs pour contribuer à atteindre les performances attendues de la 5G et faire face aux besoins toujours plus importants des utilisateurs des réseaux mobiles.

Les perspectives de nouvelles bandes mobiles en-dessous de 6 GHz sont faibles et, en dehors de la bande 6 GHz haut (6 425 – 7 125 MHz), aucune autre bande mobile n'est disponible entre 4 GHz

² *International Mobile Telecommunications*, nomenclature utilisée par l'UIT pour les normes concernant les services mobiles terrestres

³ [Estimating-Mid-Band-Spectrum-Needs.pdf \(gsma.com\)](https://www.gsma.com/estimating-mid-band-spectrum-needs/)

et 24 GHz. Cette bande représente donc une opportunité unique pour les opérateurs de disposer d'une importante ressource spectrale, qui plus est à des fréquences suffisamment basses pour qu'un réseau macro puisse être envisagé. En effet, certaines évolutions technologiques (beamforming amélioré, meilleures performances des terminaux etc...) devraient permettre de compenser en grande partie la différence de propagation entre les bandes 3,5 GHz et 6 GHz et d'obtenir des couvertures approchantes. De ce fait, la bande ne devra être attribuée que pour des usages nationaux. Une segmentation de la bande entre usages locaux et nationaux nuirait à une utilisation efficace du spectre.

En cas d'échec d'une identification de la bande 6 GHz pour des services mobiles, une densification importante des réseaux mobiles sera nécessaire pour que les objectifs de la 5G soient atteints, ce qui, au-delà des conséquences financières importantes pour les opérateurs, aura un impact environnemental négatif avec davantage d'équipements produits et déployés, une augmentation de la consommation énergétique et donc de l'empreinte carbone des réseaux.

La coexistence entre les services mobiles et les services existants dans la bande (faisceaux hertziens et service fixe par satellite) doit être assurée

Actuellement, la bande de fréquences 6 425 – 7 125 MHz est principalement utilisée pour les faisceaux hertziens et le service fixe par satellite.

Le volume de FH dans cette bande devrait se maintenir pendant encore plusieurs années. En effet, ces derniers répondent à des besoins qui ne pourront pas être résolus à court ou moyen terme. Il est donc impératif que la protection de ces FH soit prise en compte lors de l'ouverture de la bande aux réseaux mobiles. La coexistence entre service mobile et FH nécessitera des distances de séparation de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres si l'antenne 5G est alignée avec le FH. Une attribution sous licence des fréquences mobiles en bande 6 GHz haut facilitera donc la coordination entre FH et réseaux mobiles. Si la cohabitation n'était localement pas possible, il pourrait être envisagé de procéder au réaménagement des liaisons FH problématiques vers une autre bande de fréquences (typiquement vers la bande 11 GHz ou la bande 18 GHz) via une mobilisation du fonds de réaménagement du spectre. Nous notons cependant que les bandes 11 GHz et 18 GHz sont très utilisées ce qui pourrait contraindre le recours à ces bandes pour la migration des liaisons 6 GHz. Ces bandes ont par ailleurs des caractéristiques de propagation moins favorables que la bande 6 GHz si bien que les liaisons les plus longues à 6 GHz pourraient être coupées en deux liaisons, avec création d'un site intermédiaire, pour être techniquement viables dans les bandes 11 GHz et 18 GHz.

De manière générale, la bande 6 425 - 7 125 MHz est peu utilisée actuellement par le service fixe par satellite. En effet, en bande C, les satellites utilisent majoritairement la bande 5 925 - 6 425 MHz. Dans la bande 6 GHz, les bandes utilisées pour les liaisons Terre vers espace, 6 425 – 6 725 MHz et 6 725 – 7 025 MHz, sont appairées avec des bandes utilisées par d'autres services en Europe. De plus, près de 70% des satellites déployés en bande C en Région 1 ne devraient plus être en opération au-delà de 2030. Ces éléments permettent d'envisager une coexistence sereine entre les stations du service fixe et les sites du réseau mobile. Ces derniers pourraient être contraints sur quelques kilomètres autour des stations terriennes du service fixe par satellite.

L'attribution de la bande 6 425 – 7 125 MHz pour des réseaux locaux WiFi ne serait pas justifiée

Si l'on compare la répartition actuelle des bandes fréquences entre réseaux mobiles et WiFi au-delà de 1 800 MHz, il ressort que le WiFi dispose de 60% de ressources fréquentielles supplémentaires. Une attribution de la bande 6 GHz haut aux usages locaux accentuerait encore ce déséquilibre.

En dehors de cette considération, il apparaît que les performances obtenues via une connexion WiFi ne sont pas limitées par la technologie WiFi elle-même mais par le lien fibre derrière le point d'accès. [3<]

Enfin, si le partage de la bande entre les réseaux de téléphonie mobile et les réseaux locaux WiFi est totalement inenvisageable, la cohabitation entre le WiFi et le service fixe par satellite serait beaucoup plus efficace. A ce titre, si le WiFi devait disposer de ressources fréquentielles supplémentaires, il serait plus pertinent d'étudier la possibilité d'utiliser des bandes satellites supérieures à 10 GHz.

4.4.3 Les bandes de fréquences au-delà de 90 GHz

Question 95. Des usages mobiles sont-ils envisageables dans ces bandes de fréquences ? Le cas échéant, quels usages mobiles sont envisagés ? Avec quelles perspectives commerciales et à quelle échéance ?

Question 96. Le cas échéant, à quel horizon estimez-vous que la technologie mobile sera disponible pour ces bandes ?

Question 97. Voyez-vous un intérêt à des expérimentations mobiles utilisant ces fréquences ? A quel horizon ? Avez-vous identifié des bandes de fréquences spécifiques ?

Les bandes au-delà de 90 GHz ne présentent, en l'état actuel des connaissances, pas d'intérêt notable pour des usages mobiles grand public et ne seront pas techniquement exploitables avant au moins 10 ans.

En effet, non seulement elles ne répondent dans l'immédiat à aucun besoin exprimé ou identifié par les opérateurs mais en plus, les communications dans ces bandes de fréquences introduisent une grande complexité technique ainsi que des contraintes importantes dans les déploiements.

De nouvelles bandes de fréquences, mentionnées dans la section 4 de cette consultation et plus exploitables que les bandes au-delà de 90 GHz, ont été identifiées (bandes 1 400 MHz, 3 400 – 3 800 MHz, 3,8 – 4,2 GHz, 26 GHz, 40 GHz) ou pourraient être identifiées à court terme (bande 6 425 – 7 125 MHz) pour des usages mobiles. Il nous semble donc nécessaire que l'Arcep concentre aujourd'hui ses efforts pour faire en sorte que des quantités de fréquences suffisantes soient attribuables aux opérateurs mobiles sur l'ensemble du territoire, notamment dans les bandes 1 400 MHz, 3 400 – 3 800 MHz et 6 GHz haut, et que les conditions techniques associées permettent de les exploiter efficacement.

Les bandes de fréquences au-delà de 90 GHz sont aujourd'hui davantage associées à la technologie 6G qui ne devrait pas voir le jour avant 2030. En effet, les très grandes largeurs de bande qui peuvent être attribuées aux usages mobiles dans ces bandes permettent d'envisager des performances accrues en termes de débits, de capacité ou encore de latence. Cependant, la

déperdition d'énergie dans cette gamme de fréquences est telle qu'il faudra développer des technologies de beamforming bien plus performantes que celles utilisées actuellement. De plus, à ces fréquences, les technologies standards utilisées habituellement dans les communications mobiles, notamment le silicium, atteignent leurs limites. Il s'agit donc d'une véritable rupture d'un point de vue technologique si bien qu'il est peu probable que l'exploitation des fréquences au-delà de 90 GHz ne soit possible avant au moins 10 ans. Actuellement, même des expérimentations semblent peu envisageables car les équipements/technologies qui permettraient d'exploiter des fréquences aussi élevées en sont encore à un stade de développement peu avancé.

Au-delà de ces considérations physiques/technologiques, il est légitime de s'interroger sur la pertinence de cette course à des performances toujours plus élevées dans les communications mobiles tant du point de vue des utilisateurs finaux (performances surdimensionnées par rapport aux usages) que de la nécessité actuelle d'une plus grande sobriété numérique et énergétique afin de limiter l'impact environnemental.

Les bandes au-delà de 90 GHz pourraient être envisagées pour les faisceaux hertziens

Les bandes au-delà de 90 GHz semblent aujourd'hui avoir un potentiel important pour les faisceaux hertziens. En effet, les bandes suivantes ont fait l'objet d'études au niveau de la CEPT pour une application aux faisceaux hertziens. Les très grandes largeurs de bandes disponibles permettraient de gérer les gigantesques flux de données que devront traiter les sites radio dans les prochaines années :

- La Recommandation ECC(14)01 publiée en 2014 et amendée en 2015 présente un plan de fréquences pour la bande 92 - 95 GHz ;
- La Recommandation ECC(18)01 propose un plan de fréquences basé sur des canaux de 250 MHz pour 4 sous-bandes situées entre 130 GHz et 174,8 GHz ;
- La Recommandation ECC(18)02 propose un plan de fréquences basé sur des canaux de 250 MHz pour 4 sous-bandes situées entre 92 GHz et 114,25 GHz.

4 Autres sujets éventuels

Question 98. Au-delà de tous les sujets abordés dans les sections précédentes de cette consultation, quels autres enjeux relatifs à l'attribution de nouvelles fréquences pour les réseaux mobiles mériteraient d'être portés à l'attention de l'Arcep ?

Nous n'avons pas identifié d'enjeux que nous n'aurions pas évoqués dans nos réponses aux questions précédentes.